

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-295528
(43)Date of publication of application : 12.11.1996

(51)Int.Cl. C03B 37/12
G02B 6/00
G02B 6/16

(21)Application number : 07-281809 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD
(22)Date of filing : 30.10.1995 (72)Inventor : ONISHI MASASHI
AMAMIYA KOJI
TAKAGI MASAHIRO
ISHIGURO YOICHI

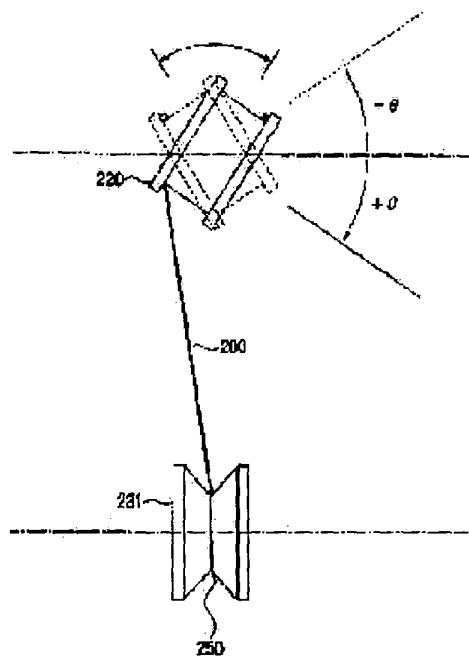
(30)Priority
Priority number : 07 41820 Priority date : 01.03.1995 Priority country : JP

(54) OPTICAL FIBER AND PRODUCTION OF OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce an optical fiber capable of suppressing the polarization dispersion equiv. to the case of a concentric circular shape with complete roundness by rolling an optical fiber by the oscillating motion of an oscillation guide roller, thereby effectively imparting prescribed torsion thereto.

CONSTITUTION: A first stationary guide roller 241 of the ensuing stage installed in exactly the transverse direction of the oscillation guide roller 230 suppresses the rolling of the optical fiber 210 on its roller surface by inserting the optical fiber 200 into a V-shaped narrow groove 260 formed in the central part of the roller surface at the time of alternately imparting the clockwise torsion and the counterclockwise torsion on the optical fiber 210 by rolling the optical fiber on the roller surface by oscillation of the oscillation guide roller 230. Since the smooth rolling of the optical fiber 210 on the roller surface of the oscillation guide roller 230 is assisted, the torsion is imparted on the optical fiber 210 with high efficiency with respect to the oscillation speed of the oscillation guide roller 230.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st process which draws a line in an optical fiber from an optical fiber base material. The 2nd process which coats the aforementioned optical fiber with predetermined covering material, and the 3rd process which gives predetermined torsion to the aforementioned optical fiber which coated the aforementioned predetermined covering material. It is the manufacture method of the optical fiber equipped with the above. the 3rd process of the above While guiding the aforementioned optical fiber which coated the aforementioned predetermined covering material by the 1st guide idler rocked periodically The 1st step which makes the roller front face of the 1st guide idler of the above roll the aforementioned optical fiber by rocking of the 1st guide idler of the above, While guiding the aforementioned optical fiber which went via the 1st guide idler of the above by the 2nd guide idler to which it was installed in the next step of the 1st guide idler of the above, and the axis of rotation was fixed It is characterized by what it has for the 2nd step which inhibits that the aforementioned optical fiber rolls the roller front face of the 2nd guide idler of the above by the optical fiber rolling suppression means prepared in the 2nd guide idler of the above.

[Claim 2] The aforementioned optical fiber rolling suppression means prepared in the 2nd guide idler of the above is the manufacture method of the optical fiber according to claim 1 characterized by what is been **** of the shape of the V character type which is formed in the roller front face of the 2nd guide idler of the above, and inserts the aforementioned optical fiber, a U character type, or a concave.

[Claim 3] length with the length almost equal to the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees of the 1st guide idler of the above which contacts the roller front face of the 1st guide idler of the above of the aforementioned optical fiber by adjusting each roller outer diameter and installation position of the 1st guide idler of the above, and the 2nd guide idler of the above -- or the manufacture method of the optical fiber according to claim 1 characterized by what it has length not more than it for

[Claim 4] The roller front face of the 1st guide idler of the above where the aforementioned optical fiber contacts is the manufacture method of the optical fiber according to claim 1 characterized by what is covered by the resin with large coefficient of friction to the aforementioned predetermined covering material of the aforementioned optical fiber.

[Claim 5] It is the manufacture method of the optical fiber according to claim 4 characterized by what the wrap aforementioned resin is an urethane system resin or an acrylic resin about the roller front face of the 1st guide idler of the above.

[Claim 6] The wire-drawing tension of the aforementioned optical fiber is 2 4.0kg/mm. The above and 16kg/mm2 The manufacture method of the optical fiber according to claim 1 characterized by what is been the following.

[Claim 7] The 3rd process of the above is the manufacture method of the optical fiber according to claim 1 characterized by what it has further for the step which suppresses the corresponding movement of the aforementioned optical fiber produced by rocking of the 1st guide idler of the above by the optical fiber corresponding movement suppression means installed in the preceding paragraph of the 1st guide idler of the above.

[Claim 8] The aforementioned optical fiber corresponding movement suppression means is the manufacture method of the optical fiber according to claim 7 characterized by the thing which faces with the predetermined interval for being installed in the guide-idler upper part of the above 1st with a predetermined distance, and passing the aforementioned optical fiber, and which they are one or more pairs of guide idlers.

[Claim 9] The optical fiber characterized by what it had the wrap clad portion, and it is the optical fiber to which predetermined torsion was given, and the core portion and the aforementioned core portion were manufactured for by the manufacture method according to claim 1.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to an optical fiber and its manufacture method. although it is applicable also to what kind besides 1.3-micrometer band single mode fiber, a distributed shift, and a distributed compensation fiber of an optical fiber and its manufacture method, there are many especially additions of germanium to a core, and they are suitable for a distributed compensation fiber with large PMD (polarization mode-dispersion: -- it is also only called polarization distribution), and its manufacture method

[0002]

[Description of the Prior Art] By the manufacture method of the conventional optical fiber which is made to heat and soften the end of an optical fiber base material, and draws a line in an optical fiber from there, it was difficult to make completely the cross-section configuration of the core portion of an optical fiber, and the clad portion of the circumference into the shape of a concentric circle of a perfect circle form, and usually became the perverted shape of the shape of an ellipse, and a circle slightly. Therefore, it is no longer the shape of a perfect concentric circle, and this became a cause, the difference arose in the group velocity between 2 polarization with which it intersects perpendicularly in an optical fiber cross section, and the refractive-index distribution in the cross-section structure of an optical fiber also had the problem that polarization distribution will become large. For this reason, when putting in practical use as an optical fiber the object for submarine cables for which mass and long-distance transmission is needed, or for trunk cables, the influence of polarization distribution will appear greatly. Moreover, this polarization distribution is the dopant 2 which also adds the core non-circle about the same to a core, for example, GeO. It becomes such a big value that an addition is large.

[0003] After drawing a line in an optical fiber from an optical fiber base material and coating this optical fiber with predetermined covering material that the problem of such polarization distribution should be solved, when the axis of rotation guides this optical fiber by the guide idler which is made to follow periodically and to rock, the manufacture method of the optical fiber which gives predetermined torsion to an optical fiber is proposed (refer to JP,6-171970,A).

[0004] Hereafter, the outline of the manufacture method of this optical fiber is explained using drawing 9 and drawing 10. Here, the manufacturing process view for drawing 9 explaining the manufacture method of an optical fiber and drawing 10 are drawings for explaining how giving torsion to an optical fiber.

[0005] As shown in drawing 9, the optical fiber base material 300 is sent into the drawing furnace 310, and a line is drawn on an optical fiber 320 from the end of the optical fiber base material 300 heated and softened in the drawing furnace 310. This optical fiber 320 on which a line was drawn passes the coating processor 340 through the diameter monitor 330, and macromolecule coating is given to it with this coating processor 340. Then, an optical fiber 320 passes the coating concentricity monitor 350 360, for example, the coating resin hardening equipment which has UV lamp, and the coating diameter monitor 370 one by one.

[0006] Subsequently, an optical fiber 320 goes into the field 400 which has the tension capstan 390 which pulls the 1st or 3rd guide idlers 381, 382, and 383 and optical fiber 320 by the predetermined force. Here, the feature of this manufacture method is that the axis of rotation of the 1st guide idler 381 pulls, and it rocks around a direction parallel to a tower shaft. In addition, as for the 2nd guide idler 382 installed in the next step of the 1st guide idler 381, and the 3rd guide idler 383 installed in the stage one after another, the axis of rotation is being fixed, respectively.

[0007] If the 1st guide idler 381 pulls and only an angle θ inclines to the surroundings of a direction parallel to a tower shaft as shown in drawing 10 for example, with this inclination, the lateral force will join an optical fiber 320 and an optical fiber 320 will roll the roller front face of the 1st guide idler 381. And when this rolling is transmitted to the heating unit of a base material, torsion of the circumference of a longitudinal direction shaft is given to an optical fiber 320. Then, the 1st guide idler 381 returns to the original state. In this way, as shown in both the head arrow in drawing, torsion is intermittently given to an optical fiber 320 by repeating unsymmetrical reciprocating movement rocked from the angle 0 of the 1st guide idler 381 to angle $+\theta$.

[0008] In addition, rocking movement of this 1st guide idler 381 is an angle to the surroundings of a direction parallel not only when shown in drawing 10, but to a tension tower shaft. - You may be symmetrical reciprocating movement between 2θ from θ to angle $+\theta$. Moreover, you may be symmetrical reciprocating movement rocked to the shaft orientations of the 1st guide idler 381. Clockwise torsion and counterclockwise torsion are given to an optical fiber 320 in police box to travelling direction in these cases.

[0009] As mentioned above, the case where it has the shape of a concentric circle of a perfect circle form as the long whole

optical fiber even if the cross-section configuration of a core portion and a clad portion does not have the shape of a concentric circle of a perfect circle form by giving torsion to the optical fiber 320 intermittently or in police box according to the manufacture method of the optical fiber proposed, and the optical fiber 320 which suppressed polarization distribution in equivalent can be obtained.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the manufacture method of the above-mentioned optical fiber, an optical fiber 320 cannot roll a roller front face smoothly by rocking movement of the 1st guide idler 381, therefore there is a problem that predetermined torsion cannot be effectively given to an optical fiber 320.

[0011] In order to clarify this problem, it explains using drawing 11. Here, drawing where drawing 11 (a) looked at the ** type view of the guide portion of the manufacturing installation of an optical fiber, and drawing 11 (b) looked at the 1st guide idler of drawing 11 (a) from the top, and drawing 11 (c) are drawings which looked at the 1st guide idler of drawing 11 (b) from width.

[0012] As shown in drawing 11 (a), the 2nd guide idler 382 to which the axis of rotation of the next step is being fixed is relatively installed in the high position to the 1st guide idler 381 which the axis of rotation pulls and is rocked around a direction parallel to a tower shaft. Therefore, although it secedes from the left lateral of a roller as an optical fiber 322 and is sent to the 2nd guide idler 382 after contacting until the optical fiber 321 sent from the drawing furnace side all over drawing results [from the right lateral of the roller of the 1st guide idler 381] in a left lateral through a base, the length to which the optical fiber at this time contacts the roller front face of the 1st guide idler 381 turns into length exceeding the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees. In addition, although not illustrated here, the roller width of face of the 2nd guide idler 382 is the same as the roller width of face of the 1st guide idler 381 like the case where it is shown in above-mentioned drawing 10.

[0013] Next, the case where an optical fiber 320 is guided under such conditions by the 1st guide idler 381 to rock is described.

[0014] As shown in drawing 11 (b) and (c), after the optical fiber 321 to which the 1st guide idler 381 reached the right lateral of the 1st guide idler 381 from the drawing furnace 310 side in the state where only angle $+\theta$ inclined continues contact until it begins to contact a roller front face from the right lateral of the 1st guide idler 381 and results in a left lateral through a base, it secedes from a roller and is going to the 2nd guide idler 382 of the next step as an optical fiber 322.

[0015] If the 1st guide idler 381 returns from this state to the original state, in the right lateral of the 1st guide idler 381, optical fiber 321a will roll a roller front face counterclockwise toward the travelling direction, and will be taken as how to reach to the position of optical fiber 321b. On the other hand, in the left lateral of the 1st guide idler 381, optical fiber 322a rolls a roller front face clockwise toward the travelling direction, and is taken as how to reach to the position of optical fiber 322b. Thus, in the 1st right lateral and left lateral of a guide idler 381, since the direction to roll becomes reverse mutually, it becomes the relation which blocks rolling of a partner mutually.

[0016] Therefore, rolling of the counterclockwise rotation from optical fiber 321a in the right lateral of the 1st guide idler 381 to optical fiber 321b will be blocked by rolling of the clockwise rotation from optical fiber 322a in a left lateral to optical fiber 322b, and will slide partially. It twists effectively that rolling of the counterclockwise rotation from optical fiber 321a to optical fiber 321b should originally give counterclockwise torsion to an optical fiber 320 toward the travelling direction, and it becomes impossible for this reason, to give.

[0017] Since the 2nd guide idler 382 is installed in the position higher than the installation position of the 1st guide idler 381 by the 1st, this cause is that rolling of the optical fiber which an optical fiber 320 will contact not only the right lateral of the 1st guide idler 381 but a left lateral, and produces in this left lateral blocks rolling in a right lateral. To the 2nd, since the roller width of face of the 2nd guide idler 382 is the same as the roller width of face of the 1st guide idler 381, Rolling of an optical fiber 320 cannot be attained in the roller front face of the 2nd guide idler 382, and rolling of the optical fiber 320 in the left lateral of the 1st guide idler 381 cannot be suppressed, Moreover, rolling of the optical fiber 320 in the 2nd guide idler 382 is having the same effect as rolling in the left lateral of the 1st guide idler 381, and blocking rolling in the right lateral of the 1st guide idler 381.

[0018] Therefore, since the 1st guide idler 381 to rock and the 2nd guide idler 382 of the next step are installed in the same height in the conventional example shown in above-mentioned drawing 9, although the 1st cause of the above which bars grant of effective torsion to an optical fiber 320 is canceled Since the 2nd cause of the above by which the 2nd guide idler 382 has the same roller width of face as the 1st guide idler 381, and is the structure which an optical fiber 320 can roll also in the roller front face of the 2nd guide idler 382 remains, There was a problem that it was still difficult to realize grant of effective torsion to an optical fiber 320.

[0019] this invention is made in view of the above-mentioned situation, makes a roller front face roll an optical fiber by rocking movement of a guide idler, and gives predetermined torsion effectively to an optical fiber. It aims at offering the optical fiber which can suppress polarization distribution in equivalent with the case where it has the shape of a concentric circle of a perfect circle form as the long whole optical fiber even if the cross-section configuration of a core portion and a clad portion does not have the shape of a concentric circle of a perfect circle form, and its manufacture method.

[0020]

[Means for Solving the Problem] The 1st process on which the manufacture method of the optical fiber of this invention draws a line in an optical fiber from an optical fiber base material, It is the manufacture method of an optical fiber equipped with the 2nd process which coats an optical fiber with predetermined covering material, and the 3rd process which gives predetermined torsion to the optical fiber which coated predetermined covering material. While the 3rd process guides the optical fiber which coated predetermined covering material by the 1st guide idler rocked periodically The 1st step which makes the roller front face of the 1st guide idler roll the aforementioned optical fiber by rocking of this 1st guide idler, While guiding the optical fiber which went

via the 1st guide idler by the 2nd guide idler to which it was installed in the next step of the 1st guide idler, and the axis of rotation was fixed. It is characterized by what it has for the 2nd step which inhibits that an optical fiber rolls the roller front face of the 2nd guide idler by the optical fiber rolling suppression means prepared in this 2nd guide idler.

[0021] Here, the optical fiber rolling suppression means prepared in the 2nd guide idler of the above is formed in the roller front face of the 2nd guide idler, and may be characterized by having **** of the shape of the V character type which inserts an optical fiber, a U character type, or a concave.

[0022] moreover, length with the length almost equal to the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees of the 1st guide idler which contacts the roller front face of the 1st guide idler of an optical fiber by adjusting each roller outer diameter and installation position of the 1st guide idler and the 2nd guide idler -- or it is desirable to have length not more than it

[0023] Moreover, as for the roller front face of the 1st guide idler where an optical fiber contacts, it is desirable to be covered by the resin with large coefficient of friction with the predetermined covering material of an optical fiber.

[0024] Moreover, it is suitable that a wrap resin is an urethane system resin or an acrylic resin about the roller front face of the 1st guide idler.

[0025] Moreover, the wire-drawing tension of the aforementioned optical fiber is 2 4.0kg/mm. The above and 16kg/mm² It is suitable that it is the following.

[0026] Moreover, it is suitable for the 3rd process of the above to have further the step which suppresses the corresponding movement of the optical fiber produced by rocking of the 1st guide idler by the optical fiber corresponding movement suppression means installed in the preceding paragraph of the 1st guide idler.

[0027] Moreover, as for the above-mentioned optical fiber corresponding movement suppression means, it is desirable that they are one or more pairs of guide idlers which face with the predetermined interval for being installed in the 1st guide-idler upper part with a predetermined distance, and passing an optical fiber.

[0028] Predetermined torsion is given to the optical fiber which drew a line in the optical fiber from the optical fiber base material, coated this optical fiber with predetermined covering material, and coated this predetermined covering material in the manufacture method of the optical fiber of this invention. In this case, grant of predetermined torsion to an optical fiber guides an optical fiber by the 1st guide idler which the axis of rotation rocks periodically, and combination with the step which inhibits that an optical fiber rolls a roller front face by optical fiber rolling suppression means by which guided the step which the roller front face is made to roll, and the optical fiber which went via the 1st guide idler by the 2nd guide idler to which the axis of rotation of the next step was fixed, and it was prepared in the 2nd guide idler performs it.

[0029] That is, in that case, although predetermined torsion is given to an optical fiber when an optical fiber rolls the roller front face of the 1st guide idler to rock, if an optical fiber leaves the roller front face for rolling freely in the 2nd guide idler of the next step, rolling of the optical fiber in the 1st guide idler will be blocked, and torsion will no longer be given effective in an optical fiber. For this reason, in the 1st guide idler, torsion is given to an optical fiber efficient to the rocking speed by inhibiting that an optical fiber rolls a roller front face by the optical fiber rolling suppression means prepared in the 1st guide idler. Therefore, the combination of the 1st guide idler to rock and the 2nd guide idler which established the optical fiber rolling suppression means can give torsion effective in an optical fiber.

[0030] In addition, as an optical fiber rolling suppression means prepared in the 2nd guide idler, there is **** of the shape of the V character type formed in the roller front face, a U character type, or a concave, and it becomes possible by inserting and guiding an optical fiber to this **** to inhibit rolling of an optical fiber.

[0031] Rolling in the side to which an optical fiber begins to contact a roller, and rolling in the side to which an optical fiber secedes from a roller become an opposite direction, and since rolling which should give torsion to an optical fiber is blocked, it becomes impossible moreover, to give torsion effective in an optical fiber, if the length in contact with the roller front face of the 1st guide idler of an optical fiber turns into length exceeding the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees. therefore, length with the length almost equal to the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees which adjusts each roller outer diameter and installation position of the 1st guide idler and the 2nd guide idler, and contacts the 1st guide idler of an optical fiber -- or torsion can be given effective in an optical fiber by making it become the length not more than it

[0032] Moreover, since torsion given to an optical fiber is produced when an optical fiber rolls the roller front face of the 1st guide idler, in order to roll ideally, without an optical fiber sliding on a roller front face, it is needed that coefficient of friction on the predetermined covering material of an optical fiber and the front face of a roller is large. Therefore, since an optical fiber can be rolled ideal for a roller front face by being covered by a resin with large coefficient of friction, for example, the urethane system resin, and the acrylic resin with covering material of an optical fiber predetermined in the roller front face of the 1st guide idler where an optical fiber contacts, torsion can be given effective in an optical fiber.

[0033] Moreover, in order to enlarge frictional force on the front face of a roller of the 1st guide idler which works to the predetermined covering material of an optical fiber, it is also effective to enlarge wire-drawing tension and to enlarge the force which the predetermined covering material of the optical fiber in a roller front face forces on a roller. For the improvement in the rolling nature by increase of frictional force, wire-drawing tension is 2 4.0kg/mm. It appears above. In addition, wire-drawing tension is 2 16kg/mm. Since an open circuit will occur if it exceeds, wire-drawing tension is 2 16kg/mm. It is necessary to consider as the following.

[0034] Moreover, although an optical fiber just before taking to rocking of the 1st guide idler and contacting the roller of the 1st

guide idler follows, if the corresponding movement of this optical fiber is left, the amount of torsion given to an optical fiber will decrease, or optical fiber covering will carry out thickness deviation. Therefore, while inhibiting reduction of the amount of torsion given to an optical fiber by suppressing the corresponding movement of an optical fiber by the optical fiber corresponding movement suppression means installed in the preceding paragraph of the 1st guide idler, the thickness deviation of optical fiber covering can be inhibited.

[0035] As this optical fiber corresponding movement suppression means, it is installed in the 1st guide-idler upper part with a predetermined distance, and there are one or more pairs of guide idlers which face with the predetermined interval for passing an optical fiber. Although an optical fiber will pass through between one or more pairs of guide idlers by one or more pairs of these guide idlers if the corresponding movement of an optical fiber is fixed within the limits in case an optical fiber follows by rocking of the 1st guide idler, if the fixed range is exceeded, one of guide idlers will be contacted and the corresponding movement beyond it will be prevented. Therefore, one or more pairs of these guide idlers function as an optical fiber corresponding movement suppression means.

[0036] The optical fiber of this invention is an optical fiber to which was equipped with the wrap clad portion and predetermined torsion was given in the core portion and the aforementioned core portion, and is characterized by being manufactured by the above-mentioned manufacture method.

[0037] In the optical fiber of this invention, it is manufactured by the above-mentioned manufacture method, and polarization distribution can be suppressed in equivalent with the case where it has the shape of a concentric circle of a perfect circle form as the long whole optical fiber even if the cross-section configuration of a core portion and a clad portion does not have the shape of a concentric circle of a perfect circle form, since it has a wrap clad portion and predetermined torsion is given in the core portion and the aforementioned core portion. Moreover, since the thickness deviation of optical fiber covering is inhibited, a bird clapper can be prevented as the stress distribution in the cross section of an optical fiber is unsymmetrical, and the intensity at the time of cable-izing an optical fiber can be raised.

[0038]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to an accompanying drawing. In addition, in explanation of a drawing, the same sign is given to the same element, and the overlapping explanation is omitted.

[0039] Drawing 1 is the manufacturing process view of the operation gestalt of the manufacture method of the optical fiber of this invention.

[0040] As shown in drawing 1, by the manufacture method of the optical fiber of this operation gestalt, the optical fiber base material 100 is prepared first. This optical fiber base material 100 is created by the method with a gaseous-phase shaft (vacuum arc heating decarbonizing process), the external method (the OVD method), the inside attachment method (the MCVD method), or the rod in tube method.

[0041] Subsequently, after setting the optical fiber base material 100 to the drawing furnace 110, the soffit of the optical fiber base material 100 is heated and softened at the heater 120 in the drawing furnace 110, and a line is drawn in an optical fiber 130. The drawing speed pinch off voltage at this time is a part for 100mV.

[0042] Subsequently, the outer diameter of the optical fiber 130 which drew a line is measured with the laser outer-diameter measuring instrument 140. In addition, this measurement result is reported to the drawing control section 150. And the drawing control section 150 controls the heating temperature and the drawing speed pinch off voltage of a heater 120 so that a value predetermined in the outer diameter of an optical fiber 130 and usual are set to 125 micrometers based on a measurement result.

[0043] Subsequently, it is made to go via the inside of the liquefied resin 171 stored in the 1st resin coating dice 161 in the optical fiber 130, and the resin of the 1st layer is made to adhere to optical fiber 130 front face. Then, the UV lamp 181 is irradiated at the optical fiber 130 to which the resin of the 1st layer adhered, and the resin of the 1st layer is stiffened. After making it similarly go via the inside of the liquefied resin 172 stored in the 2nd resin coating dice 162 and making the resin of the 2nd layer adhere to the resin front face of the 1st layer of an optical fiber 130, the UV lamp 182 is irradiated succeeding at the optical fiber 130 to which the resin of the 2nd layer adhered, and the resin of the 2nd layer is stiffened. In this way, the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 which consists of a two-layer resin is formed in optical fiber 130 front face. The diameter of covering of the optical fiber 200 at this time is 250 micrometers.

[0044] Subsequently, after passing between one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression which rotate an optical fiber 200 freely to the travelling direction of an optical fiber 200, it guides one by one by the 2nd fixed guide idler 232 succeeding installed in the next step of the rocking guide idler 220, the 1st fixed guide idler 231 installed in the next step of this rocking guide idler 220, and this 1st fixed guide idler 231. Furthermore, the optical fiber 200 via which it went one by one by these rocking guide idler 220, the 1st fixed guide idler 231, and the 2nd fixed guide idler 232 is rolled round to a drum 240.

[0045] At this time, one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression are installed in the right above [the rocking guide idler 220] direction in the position of $L = 100\text{mm}$ of distance, and the interval d of one pair of guide idlers 210 is 2mm. Moreover, 150mm and roller width of face are 30mm, the roller outer diameter is aluminum whose quality of the material on the front face of a roller is the quality of the material of the roller itself, the axis of rotation pulls, and the rocking guide idler 220 is an angle to the surroundings of a direction parallel to a tower shaft. - It is rocking to periodic 100rpm from theta to angle +theta. Moreover, the 1st fixed guide idler 231 is installed in the just beside direction of the rocking guide idler 220 in the position of $D = 250\text{mm}$ of distance, and although a roller outer diameter is 150mm and roller width of face is 30mm like the

roller of the rocking guide idler 220, while the axis of rotation is being fixed, **** V character type [as an optical fiber rolling suppression means] is prepared in the center section on the front face of a roller. Predetermined torsion is effectively added to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220 with the combination of one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression arranged on such conditions, the rocking guide idler 220, and the 1st fixed guide idler 231. And the feature of this operation form is in this point.

[0046] Next, how to add predetermined torsion effectively is explained to an optical fiber 200 using drawing 2 and drawing 3. Here, drawing 2 and drawing 3 as which drawing 2 regarded the rocking guide idler 220 of drawing 1 and the 1st fixed guide idler 231 from the top are drawing which looked at one pair of guide idlers 210 and the rocking guide idler 220 for optical fiber corresponding movement suppression of drawing 1 from width.

[0047] If the rocking guide idler 220 pulls and only angle $+\theta$ inclines to the surroundings of a direction parallel to a tower shaft as shown in drawing 2, with this inclination, the lateral force will join an optical fiber 200 and an optical fiber 200 will roll the roller front face of the rocking guide idler 220. And torsion is given to an optical fiber 200 by this rolling. Then, the rocking guide idler 220 is an angle to an opposite direction. - Only θ inclines. In this way, as shown in both the head arrow in drawing, the rocking guide idler 220 is an angle from angle $+\theta$. - Clockwise torsion and counterclockwise torsion over travelling direction are given to an optical fiber 200 in police box by repeating symmetrical reciprocating movement rocked to θ .

[0048] Since the 1st fixed guide idler 231 of the next step of the rocking guide idler 220 is installed with the same roller outer diameter as the true sideways position of the rocking guide idler 220 and is at this time, the length in contact with the roller front face of the rocking guide idler 220 of an optical fiber 200 turns into length almost equal to the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees of the rocking guide idler 220. That is, an optical fiber 200 contacts from one side of the roller of the rocking guide idler 220 to a base, and it secedes from it at the maximum pars basilaris ossis occipitalis. For this reason, rolling of an optical fiber 200 arises in the side of another side of a roller, rolling of the optical fiber 200 in one side is blocked, and the situation of sliding an optical fiber 200 is prevented. Therefore, rolling of the optical fiber 200 in one side of the roller of the rocking guide idler 220 can give torsion to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220.

[0049] Moreover, **** 250 V character type [as an optical fiber rolling suppression means] is formed in the center section on the front face of a roller of the 1st fixed guide idler 231, and the optical fiber 200 guided by the 1st fixed guide idler 231 is inserted in this V character type **** 250. For this reason, the situation of blocking rolling in the rocking guide idler 220 for an optical fiber 200 rolling on the roller front face of the 1st fixed guide idler 231, and giving torsion to an optical fiber 200 is prevented. Therefore, torsion can be given to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220 by inhibiting rolling of the optical fiber 200 on the front face of a roller of the 1st fixed guide idler 231 by V character type **** 250.

[0050] If the rocking guide idler 220 pulls, only angle $+\theta$ inclines to the surroundings of a direction parallel to a tower shaft and an optical fiber 200 rolls the roller front face of this rocking guide idler 220 as shown in drawing 3, it takes to rolling of this optical fiber 200, and the optical fiber 200 by the side of the drawing furnace in front of the rocking guide idler 220 also follows in the rocking direction of the rocking guide idler 220. And if the corresponding movement of this optical fiber 200 exceeds the fixed range, although it will become the cause in which the amount of torsion given to an optical fiber 200 reduces, or the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 carries out thickness deviation Since one pair of guide idlers 210 are installed in the right above [the rocking guide idler 220] direction, if the corresponding movement of an optical fiber 200 becomes more than fixed, one roller of one pair of guide idlers 210 will be contacted, and the corresponding movement of the optical fiber 200 beyond it will be prevented. Therefore, when one pair of guide idlers 210 suppress the corresponding movement of an optical fiber 200, reduction of the amount of torsion given to an optical fiber 200 and the thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 can be inhibited.

[0051] According to the manufacture method of the optical fiber of this operation form, thus, by combining one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression, the rocking guide idler 220, and the 1st fixed guide idler 231 While the rocking guide idler 220 makes the roller front face roll an optical fiber 200 and gives clockwise torsion and counterclockwise torsion to it in police box by the rocking movement In order that one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression and the 1st fixed guide idler 231 which established the optical fiber rolling suppression means may assist smooth rolling of the optical fiber 200 on the front face of a roller of the rocking guide idler 220, Torsion can be given to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220.

[0052] Moreover, according to the manufacture method of the optical fiber of this operation form, by one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression, in case an optical fiber 200 is rolled on the roller front face of the rocking guide idler 220, since the corresponding movement of an optical fiber 200 can be suppressed, the thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 can be inhibited.

[0053] Therefore, since the optical fiber 200 of this invention is manufactured by the above-mentioned manufacture method, it has a wrap clad portion and clockwise torsion and counterclockwise torsion are given in police box in the core portion and the aforementioned core portion, Polarization distribution can be suppressed in equivalent with the case where it has the shape of a concentric circle of a perfect circle form as the long whole optical fiber even if the cross-section configuration of a core portion and a clad portion does not have the shape of a concentric circle of a perfect circle form.

[0054] Moreover, since the thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 is inhibited, a bird clapper is prevented as the stress distribution in the cross section of an optical fiber 200 is unsymmetrical, and the optical fiber 200 of this

invention can raise the intensity at the time of cable-izing an optical fiber 200.

[0055] In addition, it is an angle as rocking movement of the rocking guide idler 220 indicated to be to drawing 2 in the above-mentioned operation form. - Although it was symmetrical reciprocating movement from θ to angle $+\theta$, you may be unsymmetrical reciprocating movement which it is not limited to this, for example, is rocked from an angle 0 to angle $+\theta$. In this case, torsion is intermittently given to an optical fiber 200. Moreover, you may be symmetrical reciprocating movement rocked in the direction of the axis of rotation of the rocking guide idler 220. In this case, clockwise torsion and counterclockwise torsion are given to an optical fiber 200 in police box like the case of the above-mentioned operation form.

[0056] Moreover, in the above-mentioned operation gestalt, although **** 250 V character type [as an optical fiber rolling suppression means of the 1st fixed guide idler 231] was formed, even if it instead prepares U character type **** or concave-like ****, it is possible to do the same effect so.

[0057] Next, the effect of one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression which are the essential portions of the above-mentioned operation gestalt, the rocking guide idler 220, and the 1st fixed guide idler 231 is checked, and in order to search for the optimum conditions, the experiment which this invention person conducted, and its result are explained.

[0058] The 1st experiment is for checking the effect by guiding an optical fiber 200 by the 1st fixed guide idler 231 which established the optical fiber rolling suppression means. That is, **** 250 V character type [as an optical fiber rolling suppression means] was formed in the 1st fixed guide idler 231, and the case where made the optical fiber 200 insert in this V character type **** 250, and it guided to it was compared with the case where did not prepare an optical fiber rolling suppression means in the 1st fixed guide idler 231, but it guides also in the roller front face as structure which an optical fiber can roll. In addition, although other terms and conditions are the same as that of the case where it explains using above-mentioned drawing 1 and drawing 2, the rocking period of the rocking guide idler 220 was changed to 0 to 200rpm.

[0059] The result of this 1st experiment is shown in the graph of drawing 4. When an optical fiber rolling suppression means is not prepared in the 1st fixed guide idler 231 but it considers as the structure which an optical fiber can roll also in the roller front face so that clearly from this graph, even if it changes the rocking period of the rocking guide idler 220, polarization distribution of an optical fiber 200 is not reduced. On the other hand, when **** 250 V character type [as an optical fiber rolling suppression means] is formed in the 1st fixed guide idler 231, polarization distribution of an optical fiber 200 is reduced in all rocking periods, and the effect is especially remarkable in the rocking period 100 - 150rpm.

[0060] Therefore, having assisted by the 1st experiment, so that an optical fiber 200 may roll smoothly the 1st fixed guide idler 231 which established the optical fiber rolling suppression means on the roller front face of the rocking guide idler 220 and torsion may be given to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220 is checked.

[0061] The 2nd experiment is for searching for the optimum conditions about the relative installation position of the rocking guide idler 220 and the 1st fixed guide idler 231. That is, relative height Δh (down is made positive and it makes above negative) of the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the 1st [as opposed to / using horizontal distance D from the rocking guide idler 220 to the 1st fixed guide idler 231 as a parameter, as shown in drawing 5 (a) ($D = 180\text{mm}, 250\text{mm}, 500\text{mm}$) / the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the rocking guide idler 220] fixed guide idler 231 was changed, and polarization distribution of the optical fiber 200 of a case was measured. In addition, other terms and conditions are the same as that of the case where it explains using above-mentioned drawing 1 and drawing 2.

[0062] The result of this 2nd experiment is shown in the graph of drawing 5 (b). When relative height Δh of the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the 1st [to the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the rocking guide idler 220] fixed guide idler 231 is $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$ so that clearly from this graph, namely, height with same maximum pars basilaris ossis occipitalis of the rocking guide idler 220 and maximum pars basilaris ossis occipitalis of the 1st fixed guide idler 231 -- or the direction of a low case relatively [the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the 1st fixed guide idler 231] When relative height Δh is $-150\text{mm} < \Delta h < 0$, polarization distribution of an optical fiber 200 is sharply reduced rather than the case where the maximum pars basilaris ossis occipitalis of the 1st fixed guide idler 231 is relatively high. Moreover, although polarization distribution of an optical fiber 200 is reduced so that the horizontal distance D from the rocking guide idler 220 to the 1st fixed guide idler 231 becomes long, relative height Δh does not produce so big a difference in $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$.

[0063] Since this is equal to the roller periphery on which the length in contact with the roller front face of the rocking guide idler 220 of an optical fiber 200 is equivalent to the angle of circumference of 90 degrees or becomes the length not more than it, when relative height Δh is $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$, An optical fiber 200 contacts from one side of the roller of the rocking guide idler 220 to a base. When relative height Δh is $-150\text{mm} < \Delta h < 0$ to breaking away the maximum pars basilaris ossis occipitalis or just before it, Since the length in contact with the roller front face of the rocking guide idler 220 of an optical fiber 200 turns into length exceeding the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees, It originates in difference of contacting until an optical fiber 200 results [from one side of the roller of the rocking guide idler 220] in the side of another side through a base. that is, smooth in an optical fiber 200, since this situation does not occur in the case of the former, although the situation of while giving torsion to an optical fiber 200 and blocking rolling in the side occurs, since rolling of an optical fiber 200 arises also in the side of another side of a roller in the case of the latter -- it will be made to roll and torsion can be given to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220

[0064] Therefore, it is checked that it is desirable to adjust the relative installation position of the rocking guide idler 220 and the 1st fixed guide idler 231 by the 2nd experiment so that the length in contact with the roller front face of the rocking guide idler 220 of an optical fiber 200 may be equal to the roller periphery equivalent to the angle of circumference of 90 degrees of the

rocking guide idler 220 or it may become the length not more than it.

[0065] In addition, what is necessary is here, just to pay its attention to relative height Δh of the maximum bottom of the rocking guide idler 220, and the maximum bottom of the 1st fixed guide idler 231, even if it is the case where it differs, although the case where each roller outer diameter of the rocking guide idler 220 and the 1st fixed guide idler 231 is equal is described. This means that the length in contact with the roller front face of the rocking guide idler 220 of an optical fiber 200 can be adjusted also by changing each roller outer diameter of the rocking guide idler 220 and the 1st fixed guide idler 231.

[0066] The 3rd experiment is for searching for the optimal quality of the material on the front face of a roller of the rocking guide idler 220. That is, although the aluminum which is the quality of the material of the roller itself as the quality of the material on the front face of a roller was used when shown in above-mentioned drawing 1 and drawing 2, various quality of the materials on the front face of a roller were changed, and polarization distribution of an optical fiber 200 was measured. In addition, although other terms and conditions are the same as that of the case where it explains using above-mentioned drawing 1 and drawing 2, the rocking period of the rocking guide idler 220 was changed to 0 to 200rpm.

[0067] The result of this 3rd experiment is shown in the graph of drawing 6. In not making the rocking guide idler 220 rock primarily so that clearly from this graph Although there is no difference by difference of the quality of the material on the front face of a roller, when it is made to rock In all rocking periods the quality of the material on the front face of a roller An urethane system resin, an acrylic resin, Polarization distribution of an optical fiber 200 is reduced in order of aluminum and the bakelite, and, in the case of the urethane system resin in the rocking period 100 - 150rpm, in the case of an acrylic resin, subsequently, reduction of polarization distribution of an optical fiber 200 is especially remarkable.

[0068] The reduction effect of polarization distribution of this optical fiber 200 corresponds to the size of coefficient of friction of the quality of the material on the front face of a roller to the resin coat 190 with which optical fiber 200 front face is coated. That is, since it rolls ideally and torsion is given to an optical fiber 200 by this rolling, without an optical fiber sliding on a roller front face so that coefficient of friction of the quality of the material on the front face of a roller to the resin coat 190 of optical fiber 200 front face is large, polarization distribution of an optical fiber 200 will decrease.

[0069] Therefore, it is checked by the 3rd experiment that it is desirable to be covered by the resin with large coefficient of friction with the resin coat 190 of optical fiber 200 front face as for the roller front face of the rocking guide idler 220 where an optical fiber 200 contacts, and an urethane system resin or an acrylic resin is suitable as the resin.

[0070] The 4th experiment is for asking for the relation of the rolling nature and the wire-drawing tension of an optical fiber 200 in the roller front face of the rocking guide idler 220. That is, as shown in above-mentioned drawing 1 and drawing 2, using the aluminum which is the quality of the material of the roller itself as the quality of the material on the front face of a roller, the rocking period was set as 100rpm, wire-drawing tension was changed, and the number of times of rolling was observed. In addition, the covering outer diameter of an optical fiber 200 was set to 250 micrometers.

[0071] The result of this 4th experiment is shown in the graph of drawing 7. For the improvement in rolling nature, wire-drawing tension is 2.4-16kg/mm so that clearly from this graph. It appears above. And wire-drawing tension is 2.16kg/mm. If it exceeds, an open circuit will occur.

[0072] Therefore, the wire-drawing tension of an optical fiber 200 is 2.4-16kg/mm by the 4th experiment. A suitable thing is checked.

[0073] The 5th experiment is for searching for the optimum conditions about the relative installation position to the rocking guide idler 220 of one pair of guide idlers 210 for optical fiber rocking suppression freely rotated to the travelling direction of an optical fiber 200, and the interval of one pair of guide idlers 210. That is, as shown in drawing 8 (a), distance L of the perpendicular direction to one pair of upper guide idlers 210 from the rocking guide idler 220 was made into the parameter (L= 30mm, 50mm, 100mm, 200mm), the interval d of one pair of guide idlers 210 was changed from 1mm to 8mm, and polarization distribution of the optical fiber 200 of a case was measured. In addition, other terms and conditions are the same as that of the case where it explains using above-mentioned drawing 1 and drawing 2. Moreover, in order to check the effect which enabled it to rotate one pair of guide idlers 210 freely to the travelling direction of an optical fiber 200, it measured also about the case where it fixes so that it cannot rotate.

[0074] The result of this 5th experiment is shown in the graph of drawing 8 (b). Polarization distribution of an optical fiber 200 is reduced, so that from this graph and the distance L of the perpendicular direction from the rocking guide idler 220 to one pair of guide idlers 210 becomes short, and it is in the inclination for polarization distribution of an optical fiber 200 to be reduced, so that the interval d of one pair of guide idlers 210 becomes small. In the case of L= 30mm, especially, regardless of the size of d, it decreases sharply, and, in the case of L= 50mm, decreases sharply by d= 1mm - 2mm.

[0075] This means having suppressed the corresponding movement of the optical fiber 200 which one pair of guide idlers 210 take to rocking of the rocking guide idler 220, and produce within fixed limits, and having inhibited reduction of the amount of torsion of the optical fiber 200 resulting from the corresponding movement of an optical fiber 200. And since the effect which suppresses the corresponding movement of an optical fiber 200 becomes larger as the distance L of the perpendicular direction from the rocking guide idler 220 to one pair of guide idlers 210 is short, and as the interval d of one pair of guide idlers 210 is smaller, it is thought that the reduction effect of polarization distribution of an optical fiber 200 is also large according to it.

[0076] Moreover, when it is made for one pair of guide idlers 210 not to rotate, polarization distribution of an optical fiber 200 is larger than the case where the size of Distance L is not caused how but one pair of guide idlers 210 generally rotate. However, it is in the inclination for polarization distribution of an optical fiber 200 to be reduced, so that an interval d becomes large, and in d= 10mm, a difference with the case where one pair of guide idlers 210 rotate is almost lost.

[0077] Furthermore, the rate of thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 with the same conditions as the 5th experiment was measured. In addition, when the rate of thickness deviation is 0%, the cross-section configuration of the core portion of an optical fiber 200 and a clad portion shall turn into the shape of a concentric circle of a perfect circle form. In the rate of thickness deviation, the rate of thickness deviation became [in / 40% and the interval of $d=10\text{mm}$ / in / 35% and the interval of $d=8\text{mm}$ / in / 20% and the interval of $d=5\text{mm}$ / on / in / the interval of $d=1\text{mm}$ / although this measurement result be illustrated in a graph, the size of Distance L be caused how, and] 15% and the interval of $d=2\text{mm}$, and] That is, the rate of thickness deviation falls, so that an interval d becomes small, and it is in the inclination for the thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 to decrease.

[0078] Since the corresponding movement of an optical fiber 200 can be suppressed and it can roll an optical fiber 200 the more smoothly on the roller front face of the rocking guide idler 220 the more this has the small interval d of one pair of guide idlers 210, it is considered that the rate of thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 falls by smooth rolling of this optical fiber 200.

[0079] Therefore, one pair of guide idlers 210 for optical fiber corresponding movement suppression freely rotated to the travelling direction of an optical fiber 200 by the 5th experiment While having assisted so that an optical fiber 200 may roll smoothly on the roller front face of the rocking guide idler 220 and torsion may be given to an optical fiber 200 efficient to the rocking speed of the rocking guide idler 220 is checked The effect is so large that the interval d of one pair of guide idlers 210 is so small that the distance L of the perpendicular direction to the rocking guide idler 220 is short, and a bird clapper is checked. moreover, the thickness deviation of the optical fiber 200 which coated the resin coat 190 decreases -- while things are checked, the effect is so large that the interval d of one pair of guide idlers 210 is small, and a bird clapper is checked

[0080]

[Effect of the Invention] As mentioned above, while the axis of rotation guides an optical fiber by the 1st guide idler rocked periodically according to the manufacture method of the optical fiber of this invention as explained in detail The 1st step which makes the roller front face roll the aforementioned optical fiber by rocking of the 1st guide idler, While guiding the optical fiber which went via the 1st guide idler by the 2nd guide idler to which it was installed in the next step of the 1st guide idler, and the axis of rotation was fixed Predetermined torsion can be given effective in an optical fiber by having the 2nd step which inhibits that an optical fiber rolls the roller front face by the optical fiber rolling suppression means prepared in the 2nd guide idler.

[0081] Moreover, while being able to give predetermined torsion still more effective in an optical fiber by having further the step which suppresses the corresponding movement of the optical fiber produced by rocking of the 1st guide idler by the optical fiber corresponding movement suppression means installed in the preceding paragraph of the 1st guide idler of the above, the thickness deviation of an optical fiber coat can be inhibited.

[0082] Furthermore, the optical fiber of this invention can suppress polarization distribution in equivalent with the case where it has the shape of a concentric circle of a perfect circle form as the long whole optical fiber even if the cross-section configuration of a core portion and a clad portion does not have the shape of a concentric circle of a perfect circle form, since it is manufactured by the above-mentioned manufacture method and predetermined torsion is given effectively. Moreover, since the thickness deviation of an optical fiber coat is inhibited, a bird clapper is suppressed as the stress distribution in the cross section of an optical fiber is unsymmetrical, and the intensity at the time of cable-izing an optical fiber can be raised.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-295528

(43) 公開日 平成8年(1996)11月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 3 B 37/12			C 0 3 B 37/12	A
G 0 2 B 6/00	3 5 6		G 0 2 B 6/00	3 5 6 A
6/16			6/16	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 13 頁)

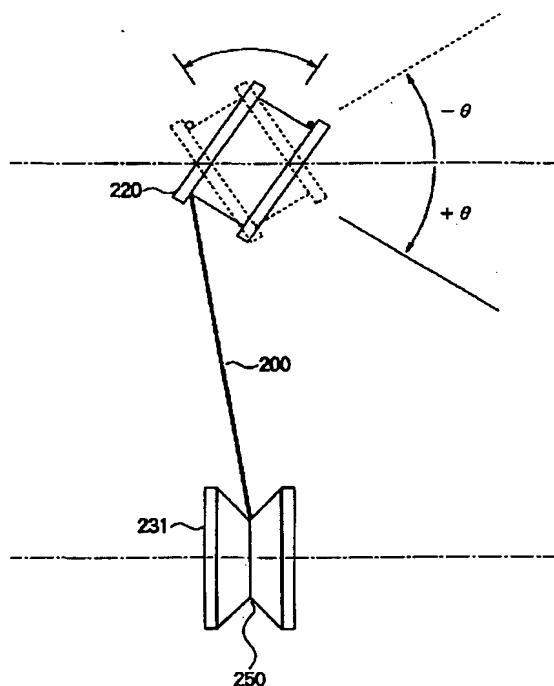
(21) 出願番号	特願平7-281809	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成7年(1995)10月30日	(72) 発明者	大西 正志 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
(31) 優先権主張番号	特願平7-41820	(72) 発明者	雨宮 宏治 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
(32) 優先日	平7(1995)3月1日	(72) 発明者	高城 政浩 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 長谷川 芳樹 (外3名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバおよび光ファイバの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 揺動ガイドローラの揺動運動により光ファイバを転動させて有効に所定のねじりを付与し、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑制することが可能な光ファイバおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 揺動ガイドローラ230の揺動により、そのローラ表面で光ファイバ210を転動させて時計回りのねじりと反時計回りのねじりとを交替的に付与する際に、揺動ガイドローラ230の真横方向に設置された次段の第1の固定ガイドローラ241が、そのローラ表面の中央部に設けられたV字型の狭溝260に光ファイバ200を挿着することにより、そのローラ表面での光ファイバ210の転動を抑止し、揺動ガイドローラ230のローラ表面での光ファイバ210のスムーズな転動を補助するため、揺動ガイドローラ230の揺動速度に対して高効率に光ファイバ210にねじりを付与することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ母材から光ファイバを線引きする第 1 の工程と、前記光ファイバに所定の被覆材料をコーティングする第 2 の工程と、前記所定の被覆材料をコーティングした前記光ファイバに所定のねじりを付与する第 3 の工程とを備える光ファイバの製造方法であつて、

前記第 3 の工程は、前記所定の被覆材料をコーティングした前記光ファイバを、周期的に揺動する第 1 のガイドローラでガイドすると共に、前記第 1 のガイドローラの揺動により、前記第 1 のガイドローラのローラ表面に前記光ファイバを転動させる第 1 のステップと、前記第 1 のガイドローラを経由した前記光ファイバを、前記第 1 のガイドローラの次段に設置され、回転軸が固定された第 2 のガイドローラでガイドすると共に、前記第 2 のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段により、前記第 2 のガイドローラのローラ表面を前記光ファイバが転動することを抑止する第 2 のステップとを備える、ことを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項 2】 前記第 2 のガイドローラに設けた前記光ファイバ転動抑止手段は、前記第 2 のガイドローラのローラ表面に形成され、前記光ファイバを挿着する V 字型、U 字型、または凹形状の狭溝である、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 のガイドローラおよび前記第 2 のガイドローラの各ローラ外径および設置位置を調整することにより、前記光ファイバの前記第 1 のガイドローラのローラ表面に接触する長さが、前記第 1 のガイドローラの円周角 90° に相当するローラ円周とほぼ等しい長さか或いはそれ以下の長さになっている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 4】 前記光ファイバが接触する前記第 1 のガイドローラのローラ表面は、前記光ファイバの前記所定の被覆材料に対する摩擦係数が大きい樹脂で覆われている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 5】 前記第 1 のガイドローラのローラ表面を覆う前記樹脂は、ウレタン系樹脂またはアクリル系樹脂である、ことを特徴とする請求項 4 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 6】 前記光ファイバの線引張力は、 4.0 kg/mm^2 以上、かつ、 16 kg/mm^2 以下である、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 7】 前記第 3 の工程は、前記第 1 のガイドローラの前段に設置した光ファイバ応動抑制手段により、前記第 1 のガイドローラの揺動によって生ずる前記光ファイバの応動を抑制するステップを更に備える、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 8】 前記光ファイバ応動抑制手段は、前記第

1 のガイドローラ上方に所定の距離をもって設置され、前記光ファイバを通過させるための所定の間隔をもって相対する 1 対以上のガイドローラである、ことを特徴とする請求項 7 記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 9】 コア部分と前記コア部分を覆うクラッド部分を備え、所定のねじりが付与された光ファイバであつて、請求項 1 記載の製造方法により製造された、ことを特徴とする光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバおよびその製造方法に関するものである。1. $3 \mu\text{m}$ 帯シングルモードファイバ、分散シフト、分散補償ファイバの他、いかなる種類の光ファイバおよびその製造方法にも適用することができるが、特にコアへの Ge の添加量が多く、PMD (偏波モード分散：単に偏波分散ともいう) が大きい分散補償ファイバおよびその製造方法に好適である。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ母材の一端を加熱・軟化させ、そこから光ファイバを線引きする従来の光ファイバの製造方法では、光ファイバのコア部分およびその周囲のクラッド部分の断面形状を完全に真円形の同心円状とすることは困難であり、わずかに楕円状または歪んだ円状となるのが通例であった。従って、光ファイバの断面構造における屈折率分布も完全な同心円状でなくなり、これが原因となって光ファイバ断面内の直交する 2 偏波間の群速度に差異が生じ、偏波分散が大きくなってしまふという問題があった。このため、大容量かつ長距離の伝送が必要とされる海底ケーブル用または幹線ケーブル用の光ファイバとして実用化する場合には、偏波分散の影響が大きく現れてしまふ。また、この偏波分散は、同一程度のコア非円でもコアに添加するドーパント、例えば GeO_2 の添加量が多いほど大きな値となる。

【0003】 こうした偏波分散の問題を解消すべく、光ファイバ母材から光ファイバを線引きし、この光ファイバに所定の被覆材料をコーティングした後、この光ファイバを回転軸が周期的に応動させる揺動するガイドローラでガイドすることにより、光ファイバに所定のねじりを付与する光ファイバの製造方法が提案されている (特開平 6 - 1 7 1 9 7 0 参照)。

【0004】 以下、この光ファイバの製造方法の概略を、図 9 および図 10 を用いて説明する。ここで、図 9 は光ファイバの製造方法を説明するための製造工程図、図 10 は光ファイバにねじりを付与する方法を説明するための図である。

【0005】 図 9 に示すように、光ファイバ母材 300 が線引き炉 310 の中に送られ、線引き炉 310 内で加熱・軟化させた光ファイバ母材 300 の一端から光ファイバ 320 が線引きされる。この線引きされた光ファイ

バ 3 2 0 は、直径モニタ 3 3 0 を介してコーティング処理装置 3 4 0 を通過し、このコーティング処理装置 3 4 0 で高分子コーティングを施される。その後、光ファイバ 3 2 0 は、コーティング同心性モニタ 3 5 0、例えば UV ランプを有するコーティング樹脂硬化装置 3 6 0、コーティング直径モニタ 3 7 0 を順次通過する。

【0006】次いで、光ファイバ 3 2 0 は、第 1 乃至第 3 のガイドローラ 3 8 1、3 8 2、3 8 3 と光ファイバ 3 2 0 を所定の力で引っ張る引張りキャブスタン 3 9 0 を有する領域 4 0 0 に入る。ここで、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の回転軸が引張りタワー軸に平行な方向の回りに揺動する点に本製造方法の特徴がある。なお、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の次段に設置された第 2 のガイドローラ 3 8 2 および次段に設置された第 3 のガイドローラ 3 8 3 は、それぞれその回転軸が固定されている。

【0007】図 1 0 に示すように、例えば第 1 のガイドローラ 3 8 1 が引張りタワー軸に平行な方向の回りに角度 θ だけ傾くと、この傾きによって光ファイバ 3 2 0 に横方向の力が加わり、光ファイバ 3 2 0 が第 1 のガイドローラ 3 8 1 のローラ表面を転動する。そしてこの転動が母材の加熱部まで伝わることにより、光ファイバ 3 2 0 に長手方向軸回りのねじりが付与される。続いて、第 1 のガイドローラ 3 8 1 は元の状態に戻る。こうして、図中の両頭矢印に示されるように、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の角度 0 から角度 $+\theta$ まで揺動する非対称の往復運動が繰り返されることにより、光ファイバ 3 2 0 には間欠的にねじりが付与される。

【0008】なお、この第 1 のガイドローラ 3 8 1 の揺動運動は、図 1 0 に示される場合に限らず、引張りタワー軸に平行な方向の回りに角度 $-\theta$ から角度 $+\theta$ までの 2θ 間の対称的な往復運動であってもよい。また、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の軸方向に揺動する対称的な往復運動であってもよい。これらの場合、光ファイバ 3 2 0 には進行方向に対して時計回りのねじりと反時計回りのねじりとが交替的に付与される。

【0009】以上のように、提案されている光ファイバの製造方法によれば、光ファイバ 3 2 0 に間欠的または交替的にねじりが付与されていることにより、たとえコア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状でなくとも、長尺の光ファイバ全体として、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑制した光ファイバ 3 2 0 を得ることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の光ファイバの製造方法においては、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の揺動運動によって光ファイバ 3 2 0 がローラ表面をスムーズに転動することができず、そのため光ファイバ 3 2 0 に所定のねじりを有効に付与することができないという問題がある。

【0011】この問題を明確にするため、図 1 1 を用い

て説明する。ここで、図 1 1 (a) は光ファイバの製造装置のガイド部分の模式図、図 1 1 (b) は図 1 1

(a) の第 1 のガイドローラを上から見た図、図 1 1 (c) は図 1 1 (b) の第 1 のガイドローラを横から見た図である。

【0012】図 1 1 (a) に示すように、回転軸が引張りタワー軸に平行な方向の回りに揺動する第 1 のガイドローラ 3 8 1 に対して、次段の回転軸が固定されている第 2 のガイドローラ 3 8 2 は相対的に高い位置に設置されている。従って、図中において、線引き炉側から送られてきた光ファイバ 3 2 1 は第 1 のガイドローラ 3 8 1 のローラの右側面から底面を通り左側面に至るまで接触した後、光ファイバ 3 2 2 としてローラの左側面から離脱して第 2 のガイドローラ 3 8 2 に送られるが、このときの光ファイバが第 1 のガイドローラ 3 8 1 のローラ表面に接触する長さは、円周角 90° に相当するローラ円周を越える長さになる。なお、ここでは図示しないが、第 2 のガイドローラ 3 8 2 のローラ幅は、上記図 1 0 に示す場合と同様に、第 1 のガイドローラ 3 8 1 のローラ幅と同じである。

【0013】次に、このような条件の下で、揺動する第 1 のガイドローラ 3 8 1 により光ファイバ 3 2 0 をガイドする場合について述べる。

【0014】図 1 1 (b)、(c) に示すように、第 1 のガイドローラ 3 8 1 が角度 $+\theta$ だけ傾いた状態においては、線引き炉 3 1 0 側から第 1 のガイドローラ 3 8 1 の右側面に到達した光ファイバ 3 2 1 は第 1 のガイドローラ 3 8 1 の右側面からローラ表面に接触し始め、底面を通り左側面に至るまで接触を続けた後、ローラから離脱し、光ファイバ 3 2 2 として次段の第 2 のガイドローラ 3 8 2 へ向かっている。

【0015】この状態から第 1 のガイドローラ 3 8 1 が元の状態に戻ると、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の右側面において、光ファイバ 3 2 1 a はその進行方向に向かって反時計回りにローラ表面を転動し、光ファイバ 3 2 1 b の位置まで達しようとする。他方、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の左側面においては、光ファイバ 3 2 2 a はその進行方向に向かって時計回りにローラ表面を転動し、光ファイバ 3 2 2 b の位置まで達しようとする。このように、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の右側面と左側面においては、転動する方向が互いに逆になるため、互いに相手の転動を妨害し合う関係になる。

【0016】従って、第 1 のガイドローラ 3 8 1 の右側面における光ファイバ 3 2 1 a から光ファイバ 3 2 1 b への反時計回りの転動は、左側面における光ファイバ 3 2 2 a から光ファイバ 3 2 2 b への時計回りの転動によって妨害され、部分的に摺動することになる。このため、本来は光ファイバ 3 2 1 a から光ファイバ 3 2 1 b への反時計回りの転動により光ファイバ 3 2 0 にその進行方向に向かって反時計回りのねじりを付与するはずで

10

20

30

40

50

あるのが、有効にねじり付与することができなくなる。

【0017】この原因は、第1に、第2のガイドローラ382が第1のガイドローラ381の設置位置より高い位置に設置されているため、光ファイバ320が第1のガイドローラ381の右側面のみならず左側面にも接触することになり、この左側面において生じる光ファイバの転動が右側面における転動を妨害することである。第2に、第2のガイドローラ382のローラ幅が第1のガイドローラ381のローラ幅と同じであるため、第2のガイドローラ382のローラ表面においても光ファイバ320が転動可能となり、第1のガイドローラ381の左側面における光ファイバ320の転動を抑制することができないこと、また第2のガイドローラ382における光ファイバ320の転動が第1のガイドローラ381の左側面における転動と同様の効果をもち、第1のガイドローラ381の右側面における転動を妨害することである。

【0018】従って、上記図9に示した従来例においては、揺動する第1のガイドローラ381と次段の第2のガイドローラ382とが同じ高さに設置されているため、光ファイバ320への有効なねじりの付与を妨げる上記第1の原因は解消されているが、第2のガイドローラ382が第1のガイドローラ381と同じローラ幅を有し、第2のガイドローラ382のローラ表面においても光ファイバ320が転動可能な構造であるという上記第2の原因が残存しているため、光ファイバ320への有効なねじりの付与を実現することが依然として困難であるという問題があった。

【0019】本発明は、上記の状況を鑑みてなされたものであり、ガイドローラの揺動運動により光ファイバをローラ表面に転動させて光ファイバに所定のねじりを有効に付与し、コア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状でなくとも、長尺の光ファイバ全体として、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑制することが可能な光ファイバおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバの製造方法は、光ファイバ母材から光ファイバを線引きする第1の工程と、光ファイバに所定の被覆材料をコーティングする第2の工程と、所定の被覆材料をコーティングした光ファイバに所定のねじりを付与する第3の工程とを備える光ファイバの製造方法であって、第3の工程は、所定の被覆材料をコーティングした光ファイバを、周期的に揺動する第1のガイドローラでガイドすると共に、この第1のガイドローラの揺動により、第1のガイドローラのローラ表面に前記光ファイバを転動させる第1のステップと、第1のガイドローラを経由した光ファイバを、第1のガイドローラの次段に設置され、回転軸が固定された第2のガイドローラでガイドすると共に、

この第2のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段により、第2のガイドローラのローラ表面を光ファイバが転動することを抑止する第2のステップとを備える、ことを特徴とする。

【0021】ここで、上記第2のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段は、第2のガイドローラのローラ表面に形成され、光ファイバを挿着するV字型、U字型、または凹形状の狭溝を有していることを特徴とするものであってもよい。

【0022】また、第1のガイドローラおよび第2のガイドローラの各ローラ外径および設置位置を調整することにより、光ファイバの第1のガイドローラのローラ表面に接触する長さが、第1のガイドローラの円周角90°に相当するローラ円周とほぼ等しい長さか或いはそれ以下の長さになっていることが好ましい。

【0023】また、光ファイバが接触する第1のガイドローラのローラ表面は、光ファイバの所定の被覆材料との摩擦係数が大きい樹脂で覆われていることが好ましい。

【0024】また、第1のガイドローラのローラ表面を覆う樹脂は、ウレタン系樹脂またはアクリル系樹脂であることが好適である。

【0025】また、前記光ファイバの線引張力は、4.0 kg/mm²以上、かつ、16 kg/mm²以下であることが好適である。

【0026】また、上記第3の工程は、第1のガイドローラの前段に設置した光ファイバ応動抑制手段により、第1のガイドローラの揺動によって生ずる光ファイバの応動を抑制するステップを更に備えることが好適である。

【0027】また、上記光ファイバ応動抑制手段は、第1のガイドローラ上方に所定の距離をもって設置され、光ファイバを通過させるための所定の間隔をもって相対する1対以上のガイドローラであることが好ましい。

【0028】本発明の光ファイバの製造方法においては、光ファイバ母材から光ファイバを線引きし、この光ファイバに所定の被覆材料をコーティングし、この所定の被覆材料をコーティングした光ファイバに所定のねじりを付与する。この場合、光ファイバへの所定のねじりの付与は、回転軸が周期的に揺動する第1のガイドローラで光ファイバをガイドし、そのローラ表面に転動させるステップと、第1のガイドローラを経由した光ファイバを次段の回転軸が固定された第2のガイドローラでガイドし、第2のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段により光ファイバがローラ表面を転動することを抑止するステップとの組み合わせにより行う。

【0029】即ち、揺動する第1のガイドローラのローラ表面を光ファイバが転動することにより、光ファイバに所定のねじりが付与されるが、その際に、次段の第2のガイドローラにおいてそのローラ表面を光ファイバが

自由に転動するに任せると、第1のガイドローラにおける光ファイバの転動が妨害され、光ファイバに有効にねじりが付与されなくなる。このため、第1のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段により光ファイバがローラ表面を転動することを抑止することにより、第1のガイドローラにおいてその揺動速度に対して高効率に光ファイバにねじりが付与される。従って、揺動する第1のガイドローラと光ファイバ転動抑止手段を設けた第2のガイドローラとの組み合わせにより、光ファイバに有効にねじりを付与することができる。

【0030】なお、第2のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段としては、ローラ表面に形成されたV字型、U字型、または凹形状の狭溝があり、この狭溝に光ファイバを挿着してガイドすることにより、光ファイバの転動を抑止することが可能となる。

【0031】また、光ファイバの第1のガイドローラのローラ表面に接触する長さが、円周角 90° に相当するローラ円周を越える長さになると、光ファイバがローラに接触し始める側での転動と光ファイバがローラから離脱する側での転動とが逆方向になり、光ファイバにねじりを付与すべき転動が妨害されるため、光ファイバに有効にねじりを付与することができなくなる。従って、第1のガイドローラおよび第2のガイドローラの各ローラ外径および設置位置を調整して、光ファイバの第1のガイドローラに接触する長さが、円周角 90° に相当するローラ円周とほぼ等しい長さか或いはそれ以下の長さになるようにすることにより、光ファイバに有効にねじりを付与することができる。

【0032】また、光ファイバに付与されるねじりは、光ファイバが第1のガイドローラのローラ表面を転動することにより生じるため、光ファイバがローラ表面を摺動することなく理想的に転動するには、光ファイバの所定の被覆材料とローラ表面との摩擦係数が大きいことが必要とされる。従って、光ファイバが接触する第1のガイドローラのローラ表面が、光ファイバの所定の被覆材料との摩擦係数が大きい樹脂、例えばウレタン系樹脂またはアクリル系樹脂で覆われていることにより、光ファイバをローラ表面に理想的に転動させることができるため、光ファイバに有効にねじりを付与することができる。

【0033】また、光ファイバの所定の被覆材料に働く第1のガイドローラのローラ表面での摩擦力を大きくするには、線引張力を大きくし、ローラ表面における光ファイバの所定の被覆材料がローラに押しつける力を大きくすることも有効である。摩擦力の増大による転動性の向上は、線引張力が 4.0 kg/mm^2 以上で現れる。なお、線引張力が 16 kg/mm^2 を超えると断線が発生するので、線引張力は 16 kg/mm^2 以下とする必要がある。

【0034】また、第1のガイドローラの揺動に連れ

て、第1のガイドローラのローラに接触する直前の光ファイバが応動するが、この光ファイバの応動を放置すると、光ファイバに付与されるねじり量が低減したり、光ファイバ被覆が偏肉したりする。従って、第1のガイドローラの前段に設置した光ファイバ応動抑制手段によって光ファイバの応動を抑制することにより、光ファイバに付与されるねじり量の低減を抑止すると共に、光ファイバ被覆の偏肉を抑止することができる。

【0035】この光ファイバ応動抑制手段としては、第1のガイドローラ上方に所定の距離をもって設置され、光ファイバを通過させるための所定の間隔をもって相対する1対以上のガイドローラがある。この1対以上のガイドローラにより、第1のガイドローラの揺動によって光ファイバが応動する際、光ファイバの応動が一定範囲内であれば、1対以上のガイドローラの間を光ファイバが通過するが、一定範囲を越えると、いずれかのガイドローラに接触して、それ以上の応動が阻止される。従って、この1対以上のガイドローラは、光ファイバ応動抑制手段として機能する。

【0036】本発明の光ファイバは、コア部分と前記コア部分を覆うクラッド部分を備え、所定のねじりが付与された光ファイバであって、上記の製造方法により製造されたことを特徴とする。

【0037】本発明の光ファイバにおいては、上記の製造方法により製造されたものであって、コア部分と前記コア部分を覆うクラッド部分を備え、所定のねじりが付与されているため、たとえコア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状でなくとも、長尺の光ファイバ全体として、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑制することができる。また、光ファイバ被覆の偏肉が抑止されているため、光ファイバの断面における応力分布が非対称となることを防止することができ、光ファイバをケーブル化した場合の強度を向上させることができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0039】図1は、本発明の光ファイバの製造方法の実施形態の製造工程図である。

【0040】図1に示すように、本実施形態の光ファイバの製造方法では、まず、光ファイバ母材100を用意する。この光ファイバ母材100は、気相軸付法(VAD法)、外付け法(OVD法)、内付け法(MCVD法)、またはロッドインチューブ法などで作成される。

【0041】次いで、光ファイバ母材100を線引き炉110にセットした後、線引き炉110内のヒータ120で光ファイバ母材100の下端を加熱・軟化させ、光ファイバ130を線引きする。このときの線引き速度V

pは、例えば100m/分である。

【0042】次いで、線引きした光ファイバ130の外径を、レーザ外径測定器140で測定する。なお、この測定結果は線引き制御部150に報告される。そして線引き制御部150は、測定結果に基づいて光ファイバ130の外径が所定の値、通常は125 μ mになるように、ヒータ120の加熱温度や線引き速度Vpを制御する。

【0043】次いで、光ファイバ130を、第1の樹脂コーティングダイス161に貯えられた液状樹脂171中を経由させ、光ファイバ130表面に第1層目の樹脂を付着させる。引き続き、第1層目の樹脂が付着した光ファイバ130にUVランプ181を照射して、第1層目の樹脂を硬化させる。同様にして、第2の樹脂コーティングダイス162に貯えられた液状樹脂172中を経由させ、光ファイバ130の第1層目の樹脂表面に第2層目の樹脂を付着させた後、引き続き、第2層目の樹脂が付着した光ファイバ130にUVランプ182を照射して、第2層目の樹脂を硬化させる。こうして、光ファイバ130表面に2層の樹脂からなる樹脂被膜190をコーティングした光ファイバ200を形成する。このときの光ファイバ200の被覆径は例えば250 μ mである。

【0044】次いで、光ファイバ200を、光ファイバ200の進行方向に自由に回転する光ファイバ応動抑制用の1対のガイドローラ210の間を通過させた後、引き続き、揺動ガイドローラ220、この揺動ガイドローラ220の次段に設置された第1の固定ガイドローラ231、この第1の固定ガイドローラ231の次段に設置された第2の固定ガイドローラ232で順次ガイドする。更に、これら揺動ガイドローラ220、第1の固定ガイドローラ231、第2の固定ガイドローラ232で順次経路した光ファイバ200を、ドラム240に巻き取る。

【0045】このとき、光ファイバ応動抑制用の1対のガイドローラ210は、揺動ガイドローラ220の真上方向に距離L=100mmの位置に設置されており、1対のガイドローラ210の間隔dは2mmである。また、揺動ガイドローラ220は、そのローラ外径が150mm、ローラ幅が30mmであり、ローラ表面の材質はローラ自体の材質であるアルミニウムであり、その回転軸が引張りタワー軸に平行な方向の回りに角度 $-\theta$ から角度 $+\theta$ まで周期100rpmまで揺動している。また、第1の固定ガイドローラ231は、揺動ガイドローラ220の真横方向に距離D=250mmの位置に設置され、揺動ガイドローラ220のローラと同様にローラ外径が150mm、ローラ幅が30mmであるが、その回転軸が固定されていると共に、ローラ表面の中央部に光ファイバ転動抑止手段としてのV字型の狭溝が設けられている。このような条件で配置された光ファイバ応動

抑制用の1対のガイドローラ210、揺動ガイドローラ220、および第1の固定ガイドローラ231の組み合わせにより、有効に即ち揺動ガイドローラ220の揺動速度に対して高効率に光ファイバ200に所定のねじりを付加する。そしてこの点に本実施形態の特徴がある。

【0046】次に、光ファイバ200に所定のねじりを有効に付加する方法を、図2および図3を用いて説明する。ここで、図2は図1の揺動ガイドローラ220および第1の固定ガイドローラ231を上から見た図、図3は図1の光ファイバ応動抑制用の1対のガイドローラ210および揺動ガイドローラ220を横から見た図である。

【0047】図2に示すように、揺動ガイドローラ220が引張りタワー軸に平行な方向の回りに角度 $+\theta$ だけ傾くと、この傾きによって光ファイバ200に横方向の力が加わり、揺動ガイドローラ220のローラ表面を光ファイバ200が転動する。そしてこの転動により、光ファイバ200にねじりが付与される。続いて、揺動ガイドローラ220は逆方向に角度 $-\theta$ だけ傾く。こうして、図中の両頭矢印に示されるように、揺動ガイドローラ220が角度 $+\theta$ から角度 $-\theta$ まで揺動する対称的な往復運動が繰り返されることにより、光ファイバ200に進行方向に対する時計回りのねじりと反時計回りのねじりとが交番的に付与される。

【0048】このとき、揺動ガイドローラ220の次段の第1の固定ガイドローラ231が揺動ガイドローラ220の真横方向の位置に同じローラ外径をもって設置されているため、光ファイバ200の揺動ガイドローラ220のローラ表面に接触する長さは、揺動ガイドローラ220の円周角90°に相当するローラ円周とほぼ等しい長さになる。即ち、光ファイバ200は揺動ガイドローラ220のローラの一方向の側面から底面まで接触し、その最底部で離脱する。このため、ローラの方の側面において光ファイバ200の転動が生じて一方の側面における光ファイバ200の転動を妨害し、光ファイバ200を揺動させるという事態が阻止される。従って、揺動ガイドローラ220のローラの一方向の側面における光ファイバ200の転動により、揺動ガイドローラ220の揺動速度に対して高効率に光ファイバ200にねじりを付与することができる。

【0049】また、第1の固定ガイドローラ231のローラ表面の中央部に光ファイバ転動抑止手段としてのV字型の狭溝250が設けられており、第1の固定ガイドローラ231でガイドされる光ファイバ200はこのV字型の狭溝250に挿着される。このため、第1の固定ガイドローラ231のローラ表面で光ファイバ200が転動して光ファイバ200にねじりを付与するための揺動ガイドローラ220における転動を妨害するという事態が阻止される。従って、V字型の狭溝250によって第1の固定ガイドローラ231のローラ表面での光ファ

イバ 2 0 0 の転動を抑止することにより、揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動速度に対して高効率に光ファイバ 2 0 0 にねじりを付与することができる。

【 0 0 5 0 】 図 3 に示すように、揺動ガイドローラ 2 2 0 が引張りタワー軸に平行な方向の回りに角度 $+\theta$ だけ傾き、この揺動ガイドローラ 2 2 0 のローラ表面を光ファイバ 2 0 0 が転動すると、この光ファイバ 2 0 0 の転動に連れて、揺動ガイドローラ 2 2 0 直前の線引き炉側の光ファイバ 2 0 0 も揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動方向に応動する。そしてこの光ファイバ 2 0 0 の応動が一定範囲を越えると、光ファイバ 2 0 0 に付与するねじり量が低減したり、樹脂被膜 1 9 0 をコーティングした光ファイバ 2 0 0 が偏肉したりする原因となるが、1 対のガイドローラ 2 1 0 が揺動ガイドローラ 2 2 0 の真上方向に設置されているため、光ファイバ 2 0 0 の応動が一定以上になると、1 対のガイドローラ 2 1 0 の一方のローラに接触し、それ以上の光ファイバ 2 0 0 の応動が阻止される。従って、1 対のガイドローラ 2 1 0 が光ファイバ 2 0 0 の応動を抑止することにより、光ファイバ 2 0 0 に付与されるねじり量の低減や、樹脂被膜 1 9 0 をコーティングした光ファイバ 2 0 0 の偏肉を抑止することができる。

【 0 0 5 1 】 このように本実施形態の光ファイバの製造方法によれば、光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラ 2 1 0、揺動ガイドローラ 2 2 0、および第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 を組み合わせることにより、揺動ガイドローラ 2 2 0 がその揺動運動によってそのローラ表面に光ファイバ 2 0 0 を転動させ時計回りのねじりと反時計回りのねじりとを交替的に付与すると共に、光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラ 2 1 0 と光ファイバ転動抑止手段を設けた第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 とが揺動ガイドローラ 2 2 0 のローラ表面での光ファイバ 2 0 0 のスムーズな転動を補助するため、揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動速度に対して高効率に光ファイバ 2 0 0 にねじりを付与することができる。

【 0 0 5 2 】 また、本実施形態の光ファイバの製造方法によれば、揺動ガイドローラ 2 2 0 のローラ表面で光ファイバ 2 0 0 を転動させる際に、光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラ 2 1 0 により、光ファイバ 2 0 0 の応動を抑止することができるため、樹脂被膜 1 9 0 をコーティングした光ファイバ 2 0 0 の偏肉を抑止することができる。

【 0 0 5 3 】 従って、本発明の光ファイバ 2 0 0 は、上記の製造方法により製造されたものであって、コア部分と前記コア部分を覆うクラッド部分を備え、時計回りのねじりと反時計回りのねじりとが交替的に付与されているため、たとえコア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状でなくとも、長尺の光ファイバ全体として、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑止することができる。

【 0 0 5 4 】 また、本発明の光ファイバ 2 0 0 は、樹脂被膜 1 9 0 をコーティングした光ファイバ 2 0 0 の偏肉が抑止されているため、光ファイバ 2 0 0 の断面における応力分布が非対称となることが防止され、光ファイバ 2 0 0 をケーブル化した場合の強度を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】 なお、上記実施形態においては、揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動運動は、図 2 に示されるような角度 $-\theta$ から角度 $+\theta$ までの対称的な往復運動であったが、これに限定されず、例えば角度 0 から角度 $+\theta$ まで揺動する非対称の往復運動であってもよい。この場合は、光ファイバ 2 0 0 には間欠的にねじりが付与される。また、揺動ガイドローラ 2 2 0 の回転軸の方向に揺動する対称的な往復運動であってもよい。この場合は、上記実施形態の場合と同様に、光ファイバ 2 0 0 には時計回りのねじりと反時計回りのねじりとが交替的に付与される。

【 0 0 5 6 】 また、上記実施形態においては、第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 の光ファイバ転動抑止手段としての V 字型の狭溝 2 5 0 を設けたが、この代わりに U 字型の狭溝、または凹形状の狭溝を設けても、同様の効果を奏することが可能である。

【 0 0 5 7 】 次に、上記実施形態の本質的部分である光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラ 2 1 0、揺動ガイドローラ 2 2 0、および第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 の効果を確認し、その最適条件を求めるために本発明者が行った実験およびその結果について説明する。

【 0 0 5 8 】 第 1 の実験は、光ファイバ転動抑止手段を設けた第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 によって光ファイバ 2 0 0 をガイドすることによる効果を確認するためのものである。即ち、第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 に光ファイバ転動抑止手段としての V 字型の狭溝 2 5 0 を設け、この V 字型の狭溝 2 5 0 に光ファイバ 2 0 0 を挿着させてガイドした場合と、第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 に光ファイバ転動抑止手段を設けず、そのローラ表面においても光ファイバが転動可能な構造としてガイドした場合とを比較した。なお、その他の諸条件は、上記図 1 および図 2 を用いて説明した場合と同様であるが、揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動周期は 0 から 2 0 0 r p m まで変化させた。

【 0 0 5 9 】 この第 1 の実験の結果を、図 4 のグラフに示す。このグラフから明らかなように、第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 に光ファイバ転動抑止手段を設けず、そのローラ表面においても光ファイバが転動可能な構造とした場合、揺動ガイドローラ 2 2 0 の揺動周期を変化させても光ファイバ 2 0 0 の偏波分散は低減されない。これに対して、第 1 の固定ガイドローラ 2 3 1 に光ファイバ転動抑止手段としての V 字型の狭溝 2 5 0 を設けた場合、全ての揺動周期において光ファイバ 2 0 0 の偏波分散が低減されており、特に揺動周期 1 0 0 ~ 1 5 0 r p

mにおいてその効果が顕著である。

【0060】従って、第1の実験により、光ファイバ転動抑止手段を設けた第1の固定ガイドローラ231は、揺動ガイドローラ220のローラ表面で光ファイバ200がスムーズに転動し、揺動ガイドローラ220の揺動速度に対して高効率に光ファイバ200にねじりを付与するように補助していることが確認される。

【0061】第2の実験は、揺動ガイドローラ220と第1の固定ガイドローラ231との相対的設置位置についての最適条件を求めるためのものである。即ち、図5(a)に示すように、揺動ガイドローラ220から第1の固定ガイドローラ231までの水平方向の距離Dをパラメータとして($D=180\text{mm}$ 、 250mm 、 500mm)、揺動ガイドローラ220の最底部に対する第1の固定ガイドローラ231の最底部の相対的高さ Δh (下方向を正、上方向を負とする)を変化させて場合における光ファイバ200の偏波分散を測定した。なお、その他の諸条件は、上記図1および図2を用いて説明した場合と同様である。

【0062】この第2の実験の結果を、図5(b)のグラフに示す。このグラフから明らかなように、揺動ガイドローラ220の最底部に対する第1の固定ガイドローラ231の最底部の相対的高さ Δh が $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$ の場合、即ち揺動ガイドローラ220の最底部と第1の固定ガイドローラ231の最底部とが同一の高さかまたは第1の固定ガイドローラ231の最底部が相対的に低い場合の方が、相対的高さ Δh が $-150\text{mm} < \Delta h < 0$ の場合、即ち第1の固定ガイドローラ231の最底部が相対的に高い場合よりも、光ファイバ200の偏波分散が大幅に低減される。また、揺動ガイドローラ220から第1の固定ガイドローラ231までの水平方向の距離Dが長くなるほど光ファイバ200の偏波分散が低減されるが、相対的高さ Δh が $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$ においてはそれほど大きな差を生じない。

【0063】これは、相対的高さ Δh が $0 \leq \Delta h < 150\text{mm}$ の場合、光ファイバ200の揺動ガイドローラ220のローラ表面に接触する長さが円周角 90° に相当するローラ円周と等しいかまたはそれ以下の長さになるため、光ファイバ200が揺動ガイドローラ220のローラ的一方の側面から底面まで接触し、その最底部またはその直前で離脱するのに対し、相対的高さ Δh が $-150\text{mm} < \Delta h < 0$ の場合、光ファイバ200の揺動ガイドローラ220のローラ表面に接触する長さが円周角 90° に相当するローラ円周を越える長さになるため、光ファイバ200が揺動ガイドローラ220のローラ的一方の側面から底面を経て他方の側面に至るまで接触するという相違に起因する。即ち、後者の場合、ローラの方の側面においても光ファイバ200の転動が生じるため、光ファイバ200にねじりを付与する一方の側面における転動を妨害する事態が発生するが、前者の場

合、かかる事態が発生しないため、光ファイバ200をスムーズな転動させ、揺動ガイドローラ220の揺動速度に対して高効率に光ファイバ200にねじりを付与することができることになる。

【0064】従って、第2の実験により、光ファイバ200の揺動ガイドローラ220のローラ表面に接触する長さが、揺動ガイドローラ220の円周角 90° に相当するローラ円周と等しいかまたはそれ以下の長さになるように、揺動ガイドローラ220と第1の固定ガイドローラ231との相対的設置位置を調整することが望ましいことが確認される。

【0065】なお、ここでは、揺動ガイドローラ220と第1の固定ガイドローラ231の各ローラ外径が等しい場合について述べているが、異なる場合であっても、揺動ガイドローラ220の最底部と第1の固定ガイドローラ231の最底部との相対的高さ Δh に着目すればよい。このことは、揺動ガイドローラ220と第1の固定ガイドローラ231の各ローラ外径を変化させることによって、光ファイバ200の揺動ガイドローラ220のローラ表面に接触する長さを調整することができることを意味する。

【0066】第3の実験は、揺動ガイドローラ220のローラ表面の最適材質を求めるためのものである。即ち、上記図1および図2に示す場合においては、ローラ表面の材質としてローラ自体の材質であるアルミニウムを用いたが、ローラ表面の材質を種々変化させて光ファイバ200の偏波分散を測定した。なお、その他の諸条件は、上記図1および図2を用いて説明した場合と同様であるが、揺動ガイドローラ220の揺動周期は0から200rpmまで変化させた。

【0067】この第3の実験の結果を、図6のグラフに示す。このグラフから明らかなように、そもそも揺動ガイドローラ220を揺動させない場合には、ローラ表面の材質の相違による差はないが、揺動させた場合には、全ての揺動周期においてローラ表面の材質がウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、アルミニウム、ペークライトの順番で光ファイバ200の偏波分散が低減されており、特に揺動周期100~150rpmにおけるウレタン系樹脂の場合、次いでアクリル系樹脂の場合に、光ファイバ200の偏波分散の低減が顕著である。

【0068】この光ファイバ200の偏波分散の低減効果は、光ファイバ200表面にコーティングされている樹脂被膜190に対するローラ表面の材質の摩擦係数の大きさに対応している。即ち、光ファイバ200表面の樹脂被膜190に対するローラ表面の材質の摩擦係数が大きいほど、光ファイバがローラ表面を撓動することなく理想的に転動し、この転動により光ファイバ200にねじりが付与されるため、光ファイバ200の偏波分散が低減することになる。

【0069】従って、第3の実験により、光ファイバ2

00が接触する揺動ガイドローラ220のローラ表面は、光ファイバ200表面の樹脂被膜190との摩擦係数が大きい樹脂で覆われていることが好ましく、その樹脂としてウレタン系樹脂またはアクリル系樹脂が好適であることが確認される。

【0070】第4の実験は、揺動ガイドローラ220のローラ表面における転動性と光ファイバ200の線引張力との関係を求めるためのものである。即ち、上記図1および図2に示すように、ローラ表面の材質としてローラ自体の材質であるアルミニウムを用い、揺動周期を1000rpmに設定し、線引張力を変化させて転動回数を観測した。なお、光ファイバ200の被覆外径は250μmとした。

【0071】この第4の実験の結果を、図7のグラフに示す。このグラフから明らかなように、転動性の向上は、線引張力が4.0kg/mm²以上で現れる。そして、線引張力が16kg/mm²を超えると断線が発生する。

【0072】従って、第4の実験により、光ファイバ200の線引張力は、4.0~16kg/mm²が好適であることが確認される。

【0073】第5の実験は、光ファイバ200の進行方向に自由に回転する光ファイバ揺動抑制用の1対のガイドローラ210の揺動ガイドローラ220に対する相対的設置位置および1対のガイドローラ210の間隔についての最適条件を求めるためのものである。即ち、図8(a)に示すように、揺動ガイドローラ220から上方の1対のガイドローラ210までの垂直方向の距離Lをパラメータとし(L=30mm、50mm、100mm、200mm)、1対のガイドローラ210の間隔dを1mmから8mmまで変化させて場合における光ファイバ200の偏波分散を測定した。なお、その他の諸条件は、上記図1および図2を用いて説明した場合と同様である。また、1対のガイドローラ210を光ファイバ200の進行方向に自由に回転できるようにした効果を確認するため、回転できないように固定した場合についても測定した。

【0074】この第5の実験の結果を、図8(b)のグラフに示す。このグラフから明らかなように、揺動ガイドローラ220から1対のガイドローラ210までの垂直方向の距離Lが短くなるほど光ファイバ200の偏波分散が低減され、1対のガイドローラ210の間隔dが小さくなるほど光ファイバ200の偏波分散が低減される傾向にある。特にL=30mmの場合、dの大きさを問わず大幅に低減され、L=50mmの場合、d=1mm~2mmで大幅に低減される。

【0075】これは、1対のガイドローラ210が、揺動ガイドローラ220の揺動に連れて生じる光ファイバ200の応動を一定範囲内に抑制して、光ファイバ200の応動に起因する光ファイバ200のねじり量の低減

を抑制していることを意味する。そして揺動ガイドローラ220から1対のガイドローラ210までの垂直方向の距離Lが短ければ短いほど、また1対のガイドローラ210の間隔dが小さければ小さいほど、光ファイバ200の応動を抑制する効果が大きくなるため、それに応じて光ファイバ200の偏波分散の低減効果も大きくなっていると考えられる。

【0076】また、1対のガイドローラ210が回転しないようにした場合は、距離Lの大きさの如何によらず、一般的に1対のガイドローラ210が回転する場合よりも光ファイバ200の偏波分散が大きい。但し、間隔dが大きくなるほど光ファイバ200の偏波分散が低減される傾向にあり、d=10mmでは、1対のガイドローラ210が回転する場合との差が殆どなくなる。

【0077】更に、第5の実験と同様の条件で、樹脂被膜190をコーティングした光ファイバ200の偏肉率を測定した。なお、偏肉率が0%のとき、光ファイバ200のコア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状になるものとする。この測定結果は、グラフには図示しないが、距離Lの大きさの如何によらず、間隔d=1mmにおいて偏肉率は15%、間隔d=2mmにおいて偏肉率は20%、間隔d=5mmにおいて偏肉率は35%、間隔d=8mmにおいて偏肉率は40%、間隔d=10mmにおいて偏肉率は45%となった。即ち、間隔dが小さくなるほど偏肉率が低下し、樹脂被膜190をコーティングした光ファイバ200の偏肉が減少する傾向にある。

【0078】これは、1対のガイドローラ210の間隔dが小さければ小さいほど光ファイバ200の応動を抑制し、揺動ガイドローラ220のローラ表面で光ファイバ200をスムーズに転動させることができるため、この光ファイバ200のスムーズな転動により、樹脂被膜190をコーティングした光ファイバ200の偏肉率が低下すると考えられる。

【0079】従って、第5の実験により、光ファイバ200の進行方向に自由に回転する光ファイバ応動抑制用の1対のガイドローラ210は、揺動ガイドローラ220のローラ表面で光ファイバ200がスムーズに転動し、揺動ガイドローラ220の揺動速度に対して高効率に光ファイバ200にねじりを付与するように補助していることが確認されると共に、その効果は、揺動ガイドローラ220までの垂直方向の距離Lが短いほど、また1対のガイドローラ210の間隔dが小さいほど大きくなることを確認される。また、樹脂被膜190をコーティングした光ファイバ200の偏肉が減少することが確認されると共に、その効果は、1対のガイドローラ210の間隔dが小さいほど大きくなることを確認される。

【0080】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の光

ファイバの製造方法によれば、回転軸が周期的に揺動する第 1 のガイドローラで光ファイバをガイドすると共に、第 1 のガイドローラの揺動により、そのローラ表面に前記光ファイバを転動させる第 1 のステップと、第 1 のガイドローラを経由した光ファイバを、第 1 のガイドローラの次段に設置され、回転軸が固定された第 2 のガイドローラでガイドすると共に、第 2 のガイドローラに設けた光ファイバ転動抑止手段により、そのローラ表面を光ファイバが転動することを抑止する第 2 のステップとを備えることにより、光ファイバに有効に所定のねじりを付与することができる。

【0081】また、上記第 1 のガイドローラの前段に設置した光ファイバ応動抑制手段によって第 1 のガイドローラの揺動によって生ずる光ファイバの応動を抑制するステップを更に備えることにより、光ファイバに更に有効に所定のねじりを付与することができると共に、光ファイバ被膜の偏肉を抑止することができる。

【0082】更に、本発明の光ファイバは、上記の製造方法により製造され、有効に所定のねじりが付与されているため、たとえコア部分およびクラッド部分の断面形状が真円形の同心円状でなくとも、長尺の光ファイバ全体として、真円形の同心円状である場合と等価的に偏波分散を抑制することができる。また、光ファイバ被膜の偏肉が抑止されているため、光ファイバの断面における応力分布が非対称となることが抑制され、光ファイバをケーブル化した場合の強度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光ファイバの製造方法の実施形態の製造工程図である。

【図 2】図 1 の揺動ガイドローラおよび第 1 の固定ガイドローラを上から見た図である。

【図 3】図 1 の光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラおよび揺動ガイドローラを横から見た図である。

【図 4】第 1 の固定ガイドローラにおける光ファイバ転動抑止手段の有無と光ファイバの偏波分散との関係を説明するグラフである。

【図 5】揺動ガイドローラおよび第 1 の固定ガイドローラの相対的設置位置と光ファイバの偏波分散との関係を説明するグラフである。

【図 6】揺動ガイドローラのローラ表面の材質と光ファイバの偏波分散との関係を説明するグラフである。

【図 7】線引張力と揺動ガイドローラのローラ表面での転動性との関係を説明するグラフである。

【図 8】光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラの揺動ガイドローラに対する相対的設置位置および 1 対のガイドローラの間隔と光ファイバの偏波分散との関係を説明するための図である。

【図 9】従来の光ファイバの製造方法の製造工程図である。

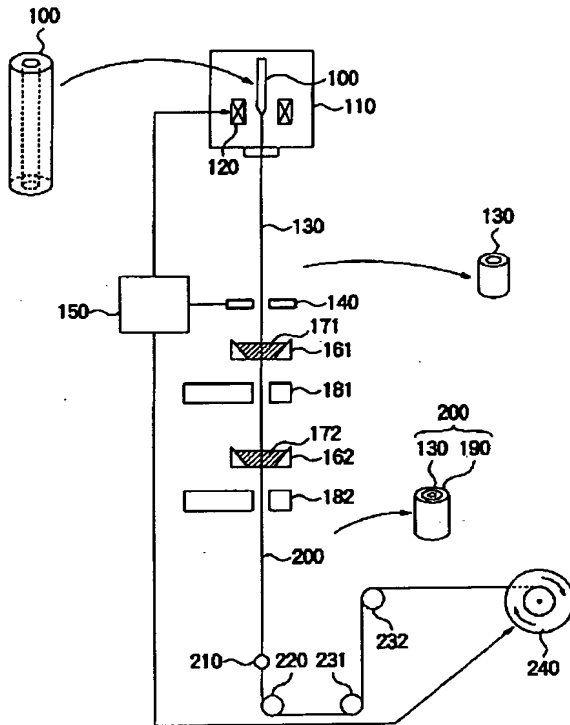
【図 10】従来の光ファイバにねじりを付加する方法を説明するための図（その 1）である。

【図 11】従来の光ファイバにねじりを付加する方法を説明するための図（その 2）である。

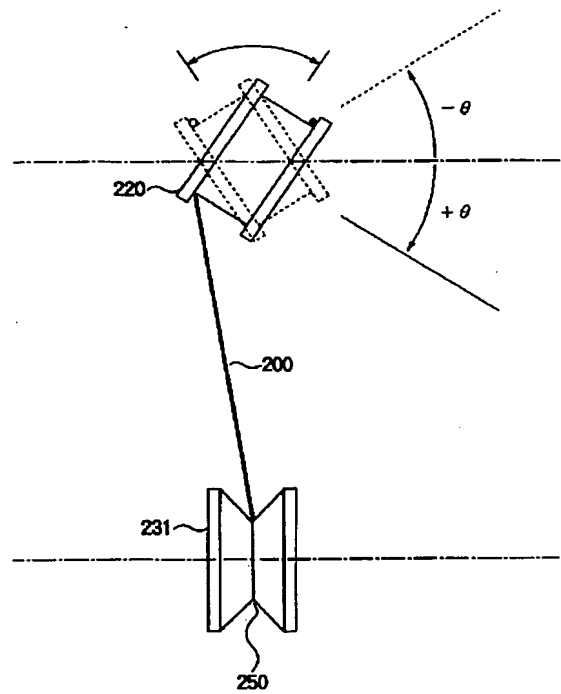
【符号の説明】

100…光ファイバ母材、110…線引き炉、120…ヒータ、130…光ファイバ、140…レーザ外径測定器、150…線引き制御部、161…第 1 の樹脂コーティングダイス、162…第 2 の樹脂コーティングダイス、171、172…液状樹脂、181、182…UV ランプ、190…樹脂被膜、200…光ファイバ、210…光ファイバ応動抑制用の 1 対のガイドローラ、220…揺動ガイドローラ、231…第 1 の固定ガイドローラ、232…第 2 の固定ガイドローラ、240…ドラム、250…V 字型の狭溝、300…光ファイバ母材、310…線引き炉、320、321、321a、321b、322、322a、322b、…光ファイバ、330…直径モニタ、340…コーティング処理装置、350…コーティング同心性モニタ、360…回復ステーション、370…コーティング直径モニタ、381…第 1 のガイドローラ、382…第 2 のガイドローラ、383…第 3 のガイドローラ、390…引張りキャプスタン、400…領域。

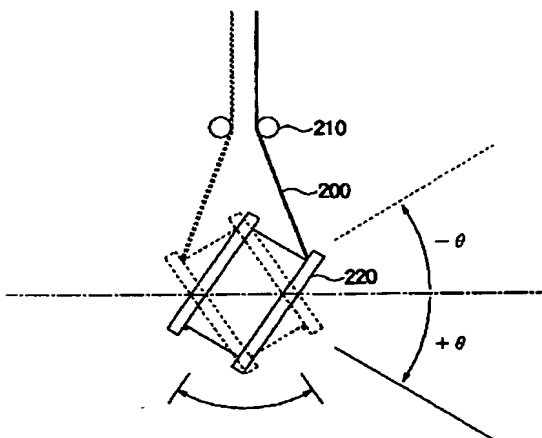
【図 1】



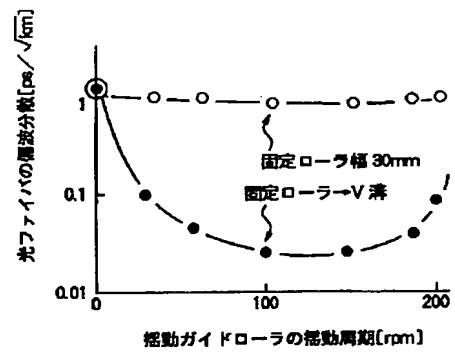
【図 2】



【図 3】



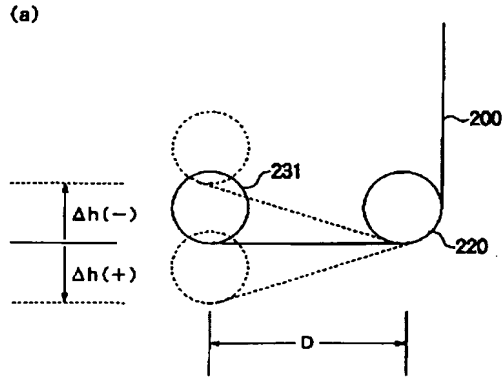
【図 4】



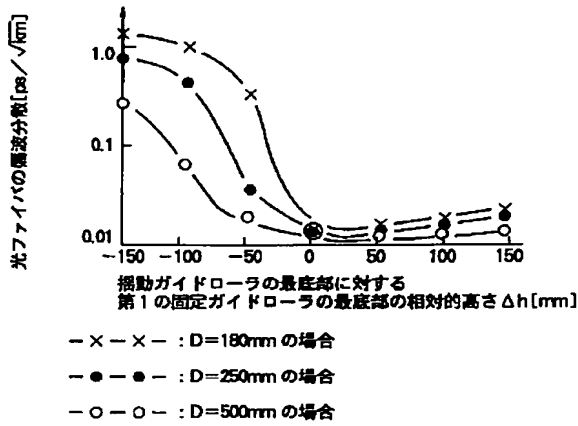
—●—●— : 第1の固定ガイドローラに、光ファイバ転動防止手段としてのV字型の挟溝を設けた場合

—○—○— : 第1の固定ガイドローラに、光ファイバ転動防止手段を設けず、光ファイバが転動可能な構造とした場合

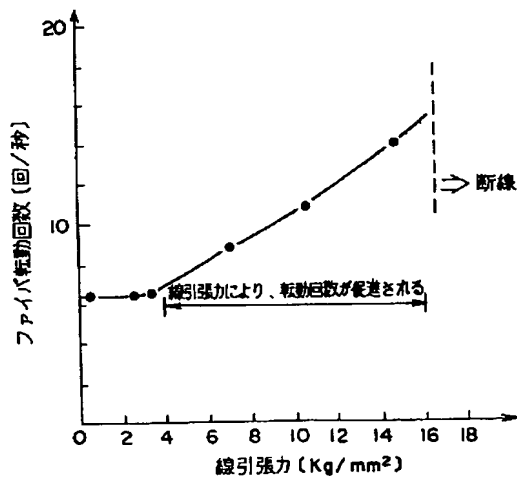
【図 5】



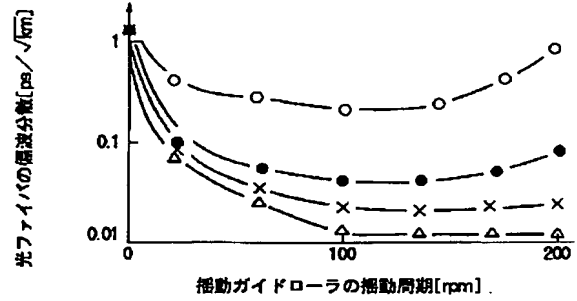
(b)



【図 7】

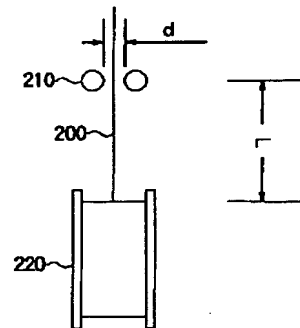


【図 6】

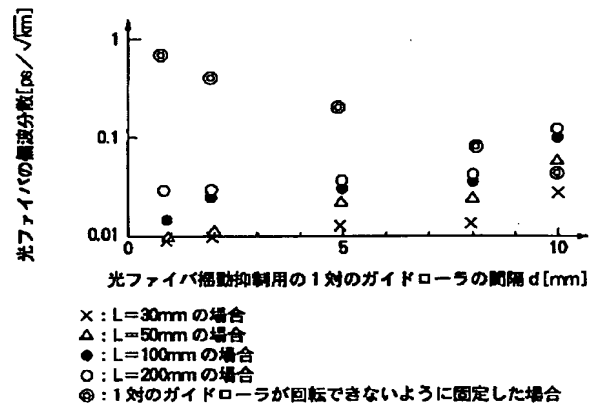


【図 8】

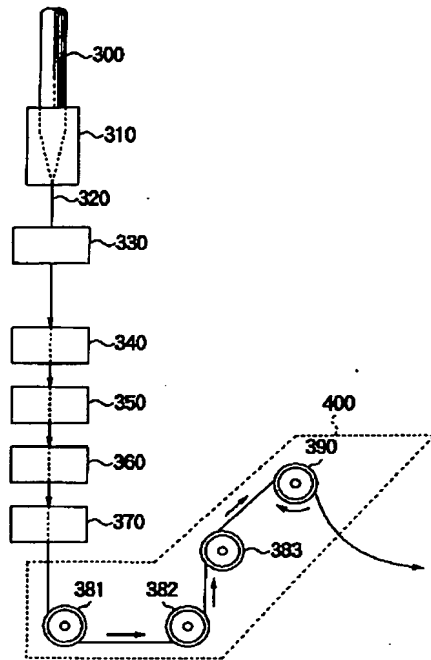
(a)



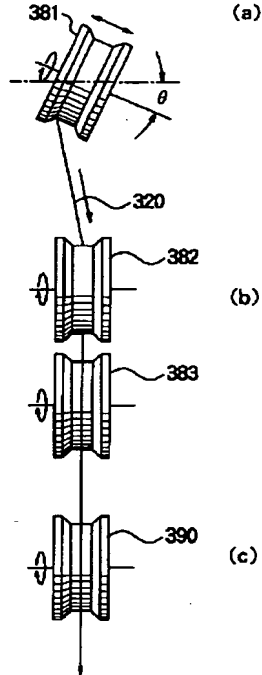
(b)



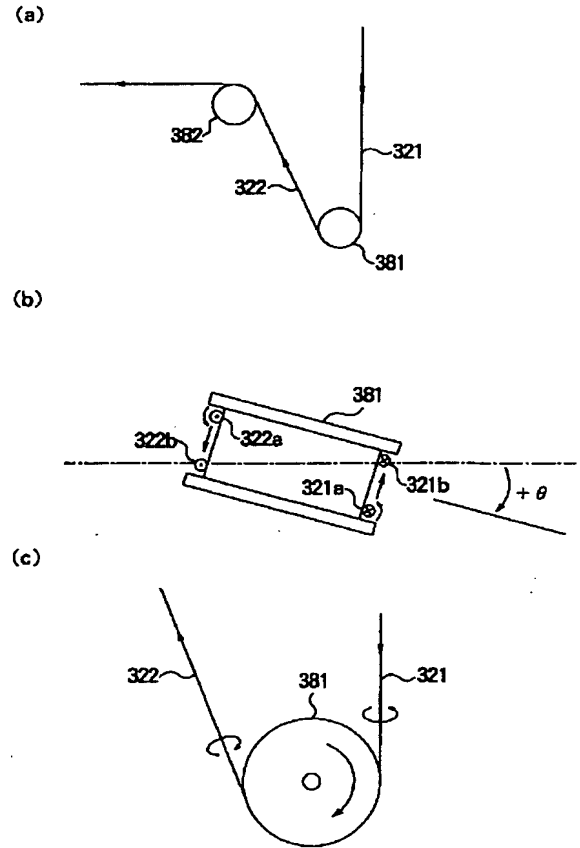
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 石黒 洋一
神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内